

Gestión del riesgo de inundación en zonas urbanas vulnerables: El caso del Barranco de San Antón en Elche

Universidad de Alicante

Fecha: 05/09/2018

Máster universitario en Planificación y Gestión de Riesgos Naturales

Autor/a: Adrián Costa Cortés

Tutor/a: Antonio Prieto Cerdán

Resumen

Análisis de las nuevas causas que han producido el aumento de la peligrosidad en el Barranco de San Antón en Elche aumentando así el riesgo ya existente en el tramo final del mismo, estudiando las características del barranco y su dinámica hidrológica así como el grado de antropización que hay a su alrededor para poder así establecer una gestión eficaz en momentos que se produzca una escorrentía de gran calado.

Palabras clave:



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

Índice

1. Introducción.....	2
2. Objetivo y Metodología.....	4
3. Aspectos legales sobre el riesgo de inundación.....	5
4. Situación y características del territorio. Delimitación de la cuenca.....	9
4.1. Clima.....	9
4.2. Geomorfología.....	11
4.3. Litología.....	12
4.4. Flora y vegetación.....	13
5. Efectos de inundación por lluvia torrencial. Inundaciones históricas.....	14
6. Evolución del cauce.....	16
7. Evolución de los usos del suelo.....	26
8. Estudio geomorfológico del cauce.....	31
9. Características morfométricas y red de drenaje.....	34
10. Estudio hidráulico.....	37
11. Estado y problemas actuales de la cuenca. Puntos conflictivos.....	45
12. Infraestructura verde urbana.....	52
12.1. Infraestructura verde a escala periurbana.....	53
12.2. Infraestructura verde a escala urbana.....	55
13. Medidas mitigadoras del riesgo de inundación.....	57
13.1. Medidas estructurales.....	58
13.2. Medidas no estructurales.....	66
14. Planificación de la emergencia.....	69
15. Conclusión.....	71
16. Bibliografía.....	72
• ANEXO I: Cartografía	
• ANEXO II: Puntos conflictivos	

1. Introducción.

A lo largo de la historia de la humanidad ha existido un interés por saber cuáles son las causas que originan las catástrofes naturales debido a la preocupación por los efectos devastadores que provocan. Su estudio científico comenzó a estudiarse desde la geografía, ya que es necesario un conocimiento del medio físico y de las dinámicas de desarrollo de las sociedades que se establecen en el territorio.

Hasta la década de 1980 predominaba un enfoque que establecía que los desastres naturales eran sucesos físicos extremos, producidos por una naturaleza caprichosa, externos a lo social y que requerían de soluciones tecnológicas y de gestión de expertos (Bankoff, 2004). Esta perspectiva está basada en un pensamiento antropocéntrico, que se basa en el hecho de que el ser humano es una especie distinta y superior a las demás con derecho a poder dominar la naturaleza.

PERÍODO	ACTITUD SOCIAL ANTE EL RIESGO
HASTA 1960	<ul style="list-style-type: none">- Respeto al medio y su dinámica.- Adaptación del hombre y sus actividades a las condiciones de la naturaleza.
DÉCADAS DE 1960 Y 1970	<ul style="list-style-type: none">- Ruptura de la dinámica natural por parte del hombre.- Actitud de superioridad del hombre frente a la naturaleza: "si el hombre puede llegar a la luna, cómo no va a poder dominar la naturaleza".- Aparición de graves situaciones de contaminación ambiental (aire y agua) en el mundo occidental.
A PARTIR DE 1980	<ul style="list-style-type: none">- Reconocimiento del deterioro ambiental causado por el hombre.- Llamamiento, desde la racionalidad científica, a la adopción de medidas de reducción de desastres compatibles con el medio.- Adopción de medidas de ordenación racional de usos del territorio.

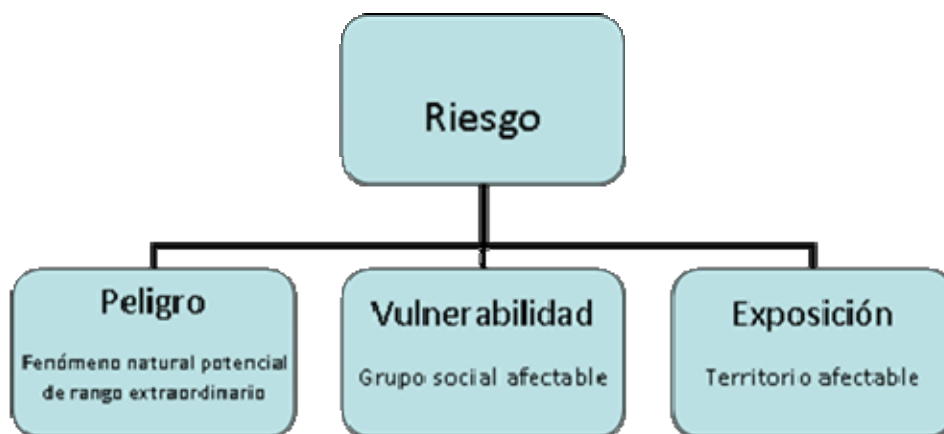
Tabla 1. ¿Riesgos naturales? Sequías e inundaciones (I) (2006: 29, Olcina).

Este punto de vista sobre los riesgos naturales comienza a cuestionarse en los últimos años del siglo XX, cuando se empieza a plantear qué importancia tiene el ser humano a la hora de provocar un desastre. Un ejemplo de esta reflexión es la publicación del trabajo *Risk Society. Towards a New Modernity*, en 1986, por el sociólogo alemán Ulrich Beck, donde establece la Teoría de la Sociedad del Riesgo, que argumenta que el riesgo es un fenómeno consustancial a las sociedades desarrolladas relacionando, de esta manera, el riesgo con el desarrollo. Por lo tanto, Beck señala que los riesgos no son solo atribuibles a la naturaleza, sino que dependen también de las decisiones de las diferentes instituciones sociales que hacen que haya una mayor exposición al peligro y, por tanto, un incremento de la vulnerabilidad.

En la actualidad, uno de los factores que suscita un mayor interés es el análisis de la vulnerabilidad, que se utiliza para realizar la clasificación de los diferentes riesgos, centrándose en las consecuencias sociales que puede tener un evento de carácter extraordinario. La vulnerabilidad enfatiza en los entornos sociales, políticos y económicos que intervienen en el proceso causativo de los desastres y las influencias socioeconómicas y políticas asociadas a los mismos (Olcina, 2002).

En la primera década del s.XXI, el modelo urbanístico asociado al turismo que se ha llevado a cabo en España, se ha caracterizado por una escasa planificación territorial que ha derivado en la ocupación de espacios de peligro, con una degradación ambiental considerable; es decir, la plasmación territorial de actuaciones llevadas a cabo por el ser humano que no han tenido en cuenta los aspectos (físicos, sociales) del medio y han generado espacios de riesgo, como es el caso del Barranco de San Antón en Elche, objeto de análisis en este trabajo. Por tanto, este crecimiento sin planificación ha producido muchos problemas cobrándose, en ocasiones, vidas humanas. Por esto es tan importante la planificación del territorio para, así, poder tener en cuenta las oportunidades y riesgos del medio físico sobre el que se va actuar.

Por tanto, queda claro que el riesgo no es algo caprichoso o relacionado solo con sucesos extremos que suceden en la naturaleza, sino el producto del peligro potencial que hay en un territorio con la vulnerabilidad y la exposición a la que está sometido un grupo social determinado, es decir, no hay riesgo sin intervención humana.



Esquema 1. Composición del riesgo. Elaboración propia.

Para finalizar, como dice Jorge Olcina en su libro *¿Riesgos naturales? Sequías e inundaciones (I)* (2006: 16): "El riesgo natural encierra, por último, un aspecto que nos reconcilia con nuestra propia razón de ser sobre la Tierra: la eterna dialéctica que supone el intento de dominación de la superficie terrestre por parte del ser humano, que se presume conseguido, ignorado o menospreciando el enorme vigor de las fuerzas de la naturaleza".

2. Objetivo y Metodología.

En la actualidad, en el barranco de San Antón se ha producido una alteración de su entorno más inmediato produciéndose una gran impermeabilización alrededor del cauce teniendo como consecuencia un mayor aporte de escorrentía, y al mismo tiempo un aumento de la exposición de la población a una avenida debido a su cercanía al barranco.

Por lo tanto, el objetivo que tiene este trabajo es el de realizar un análisis profundo sobre las características y el estado actual del barranco para, de esta forma localizar, sus puntos más conflictivos y dar respuesta a dichos problemas. También se realiza un estudio de cómo gestionar la emergencia en el caso de que se produjera una avenida de carácter extraordinario.

La metodología que se ha llevado a cabo para la caracterización y análisis del barranco de San Antón ha sido realizada por la utilización de diferentes herramientas que combinándolas han hecho posible que se cumpla el objetivo marcado.

En primer lugar, se ha utilizado material bibliográfico para poder conocer el comportamiento del barranco a través de sucesos y datos históricos sobre el mismo. Esta búsqueda bibliográfica se ha realizado de manera indirecta ya que no existe ninguna publicación o libro que trate exclusivamente el barranco sino de fenómenos que han ocurrido en el entorno.

Una vez realizada esta búsqueda, se procede a realizar un exhaustivo trabajo de campo para poder comprender la dinámica que tiene el interior del barranco al igual que su entorno. Esto servirá para localizar los puntos conflictivos y también para buscar indicios que indiquen el comportamiento de la corriente dentro del cauce. El trabajo de campo también servirá para nutrir al documento de material gráfico que pueda ilustrar más aún los diferentes apartados.

Por otro lado, para la delimitación de la cuenca, conocer su red de drenaje y la realización de cartografía, se utilizarán las capas shape (SHP) y los Modelos Digitales del Terreno (MDT) que proporcionan organismos públicos como el Instituto Cartográfico Valenciano (ICV), Instituto Geográfico Nacional (IGN) o el Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables (SNCZI). Estos datos serán tratados y analizados a través de programas de SIG como Quantum GIS 2.18.16 o GvSIG. También para el análisis hidráulico se han utilizado los programas HEC-GRAS, HEC-HMS y ArcGIS.

Para el conocimiento de la legislación en materia de inundaciones, que es imprescindible para dar respuesta a los problemas existentes ya que marca cuales son las pautas a seguir, se ha revisado y se ha comprendido todas leyes actuales tanto a nivel europeo, estatal, autonómico y local que tratan este tema.

Finalmente, aunque el barranco de San Antón presente una cierta sencillez, se necesita de un gran trabajo para su análisis para dar respuesta de manera correcta a todos los problemas que pueda tener en la actualidad.

3. Aspectos legales sobre el riesgo de inundación.

Todas las leyes que se han promulgado sobre las inundaciones han sido redactadas como consecuencia de algún episodio grave que ha motivado la adopción de medidas urgentes para la reparación de daños.

A nivel estatal, está vigente la Ley 17/2015, de 9 de julio, del Sistema Nacional de Protección Civil¹, que es la modificación de la Ley 2/1985, de 21 de enero, sobre Protección Civil, que establece las directrices básicas para la elaboración de las diferentes leyes autonómicas en materia de Protección Civil, ya que es competencia exclusiva de las Comunidades Autónomas; siempre respetando lo dispuesto en el art.149 de la Constitución Española que establece que esta competencia pasará a ser estatal en caso de interés nacional o supraautonómico. Por lo tanto, en el caso del Barranco de San Antón la ley que corresponderá aplicar es la Ley 13/2010, de 23 de noviembre, de la Generalitat, de Protección Civil y Gestión de Emergencias² (DOGV núm. 6405, 25/11/2010).

La Directriz Básica de Planificación de Protección Civil ante el Riesgo de Inundaciones³ (BOE núm. 38, 14/02/1995) establece diferentes zonas de frecuencia de inundación:

- Zonas de Inundación frecuente. Aquellas correspondientes a un periodo de retorno de 50 años.
- Zonas de inundación excepcional. Aquellas correspondientes a un periodo de retorno entre 50 y 100 años.
- Zonas de inundación excepcional. Aquellas correspondientes a un periodo de retorno entre 100 y 500 años.

Con esta zonificación, la Directriz establece tres zonas de riesgo, que las define de la siguiente forma:

- Zona A. Son las de riesgo alto, en las que las inundaciones con periodos de retorno de 50, 100 y 500 años afecten a núcleos de población importantes. También están en esta zona las casas aisladas, zonas industriales o comerciales que estén afectadas por inundaciones con periodo de retorno de 50 años.

¹ Ley 17/2015, de 9 de julio, del Sistema Nacional de Protección Civil. <https://www.boe.es/boe/dias/2015/07/10/pdfs/BOE-A-2015-7730.pdf>

² Ley 13/2010, de 23 de noviembre, de la Generalitat, de Protección Civil y Gestión de Emergencias. http://www.dogv.gva.es/portal/ficha_disposicion_pc.jsp?sig=012725/2010&L=1

³ Directriz Básica de Planificación de Protección Civil ante el Riesgo de Inundaciones. <http://www.boe.es/boe/dias/1995/02/14/pdfs/A04846-04858.pdf>

- Zona B. Son las de riesgo significativo, donde las inundaciones con un periodo de retorno de 100 años afecten a viviendas aisladas. También a las zonas comerciales o industriales perjudicadas por un periodo igual o superior a los 100 años.
- Zona C. Son las de riesgo bajo, donde las inundaciones con un periodo de retorno de 500 años produzcan daños en viviendas aisladas y los complejos industriales o comerciales que sufran pequeños daños.

Al mismo tiempo, esta Directriz indica que será competencia de la Comunidad Autónoma el concretar la organización y la intervención de la emergencia en coordinación con el Plan Estatal de Protección Civil ante el Riesgo de Inundaciones, reflejado en el Plan Especial frente al Riesgo de Inundaciones de la Comunidad Valenciana⁴.

A nivel autonómico, se establece desde 2003 un instrumento básico para la Ordenación del Territorio en materia al riesgo de inundaciones, que es el Plan de Acción Territorial sobre Prevención del Riesgo de Inundación de la Comunidad Valenciana (PATRICOVA)⁵. Tras el paso de doce años, en octubre de 2015, se establece un nuevo marco legal en esta materia, mediante la publicación del Decreto 201/2015, de 29 de octubre, del Consell, por el que se aprueba el Plan de acción territorial sobre prevención del riesgo de inundación en la Comunitat Valenciana, acorde a la Directiva 2007/60/CE y a su transposición en legislación estatal en el Real Decreto 903/2010; por lo que en el PATRICOVA se establecen los siguientes objetivos:

- Tener una evaluación y un conocimiento del riesgo de inundación dentro del ámbito autonómico valenciano.
- Establecer procedimientos administrativos que incorporen la variable de inundabilidad en proyectos futuros con incidencia en el territorio.
- Lograr la coordinación entre las diferentes Administraciones Públicas para reducir las consecuencias negativas.
- Hacer que los crecimientos urbanísticos tengan una orientación hacia zonas con una menor peligrosidad.
- Gestionar las zonas inundables dentro de la Infraestructura Verde.

El PATRICOVA también incorpora una cartografía de peligrosidad y riesgo de inundación a una escala 1:25.000, donde se establecen 6 niveles de peligrosidad junto con otro nivel de peligrosidad geomorfológica, relacionando diferentes periodos de retorno con distintos calados:

⁴ Plan Especial frente al Riesgo de Inundaciones de la Comunidad Valenciana.

<http://www.proteccioncivil.es/catalogo/naturales/plan-estatal-riesgo-inundaciones/planesccaa/valenciana/Plan%20Especial.pdf>

⁵ Plan de Acción Territorial sobre Prevención del Riesgo de Inundación de la Comunidad Valenciana.

<http://www.habitatge.gva.es/documents/20551069/162377494/02+Normativa/5d2bca03-0f7f-4774-b602-4447cfb8dce7>

- Peligrosidad de nivel 1. Zonas con una probabilidad de inundación inferior a 25 años con un calado superior a 80 cm.
- Peligrosidad de nivel 2. Zonas con una probabilidad de inundación entre 25 y 100 años con un calado superior a 80 cm.
- Peligrosidad de nivel 3. Zonas con una probabilidad de inundación inferior a 25 años con un calado inferior a 80 cm y superior a 15 cm.
- Peligrosidad de nivel 4. Zonas con una probabilidad de inundación entre 25 y 100 años con un calado inferior a 80 cm y superior a 15 cm.
- Peligrosidad de nivel 5. Zonas con una probabilidad de inundación entre 100 y 500 años con un calado superior a 80 cm.
- Peligrosidad de nivel 6. Zonas con una probabilidad de inundación entre 100 y 500 años con un calado inferior a 80 cm y superior a 15 cm.
- Peligrosidad geomorfológica. Este tipo de peligrosidad de inundación indica las zonas que debido a la identificación de diferentes procesos geomorfológicos son susceptibles de inundarse.

A escala municipal, el Ayuntamiento de Elche cuenta con el Plan General de 1998 (refundido en 2014), que se debería adaptar a lo dispuesto en el PATRICOVA para una zonificación futura de los usos del suelo en todo el término municipal respetando:

- La red fluvial y el Dominio Público Hidráulico⁶ con sus zonas de servidumbre (5m) y de policía (100m).
- Las zonas afectadas por los diferentes niveles de peligrosidad definidos en el art.10 del PATRICOVA y las limitaciones de usos para cada nivel establecidos en los arts. 17 y 18.
- Las zonas de flujo preferente de los cauces en el municipio (Sistema Nacional de cartografía de Zonas inundables).

Por otro lado, hay que destacar las recomendaciones que realiza el PATRICOVA tanto en adecuación de las infraestructuras como en actuaciones de defensa dispuestas en el Capítulo II del Título III y en el Título IV, respectivamente.

Por último, como competencia exclusiva la Ordenación del Territorio de las Comunidades Autónomas, hay que destacar la Ley 5/2014, de 25 de julio, de la Generalitat, de Ordenación del Territorio, Urbanismo y Paisaje, de la Comunitat Valenciana⁷ que, en su art.9, dice que hay que evitar nuevos desarrollos en zonas de riesgo de inundación. También es importante mencionar el Real Decreto Legislativo

⁶ Dominio Público Hidráulico. <https://www.boe.es/boe/dias/1986/04/30/pdfs/A15500-15537.pdf>

⁷ Ley 5/2014, de 25 de julio, de Ordenación del Territorio, Urbanismo y Paisaje, de la Comunitat Valenciana. <https://www.boe.es/boe/dias/2014/09/23/pdfs/BOE-A-2014-9625.pdf>

7/2015, de 30 de octubre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Suelo y Rehabilitación Urbana⁸ en el que, entre otros, hay que hacer referencia al art.22 en su apartado segundo establece que las actuaciones urbanas deberán incluir cartografía de riesgos naturales.

⁸ Real Decreto Legislativo 7/2015, de 30 de octubre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Suelo y Rehabilitación Urbana. <https://www.boe.es/boe/dias/2015/10/31/pdfs/BOE-A-2015-11723.pdf>

4. Situación y características del territorio. Delimitación de la cuenca.

El barranco de San Antón se encuentra en el municipio de Elche con una superficie de 326.575 km² de término, capital de la comarca del Baix Vinalopó, limitando con otros municipios que son Guardamar del Segura, Catral, Dolores, y San Fulgencio, al sur, Aspe y Crevillente, al oeste, Alicante y Monforte del Cid, al norte, y Santa Pola al este.

La cuenca del barranco pertenece a la Confederación Hidrográfica del Júcar y se localiza entre el río Vinalopó, al oeste, y el barranco del Grifo, al este (Anexo I, Mapa 1). El cauce, tiene su cabecera en la Serra del Tabaià, en el municipio de Monforte del Cid, y su cono de deyección final en la partida rural ilicitana de Atzavares Alt, atravesando otras partidas como La Galia o Altabix.

Este barranco tiene una cuenca de reducidas dimensiones (10 km²) y tiene un comportamiento de carácter esporádico, es decir, tiene un curso fluvial permanente solamente cuando se producen aportes de origen pluvial. Esta circunstancia hace difícil saber que comportamiento puede tener en momentos determinados. A todo esto, hay que añadir la geomorfología y la litología de la cuenca, los usos del suelo que se han establecido actual e históricamente y la cobertura vegetal implantada, ya que todos estos elementos determinan gran parte del riesgo de inundación.

4.1. Aspectos climáticos

El ámbito en el que se encuentra el barranco de San Antón es el del sureste peninsular, caracterizado por sufrir grandes y prolongadas sequías, además de olas de calor combinadas con grandes tormentas de gran intensidad horaria, causantes de diferentes episodios de inundación.

La ciudad de Elche se encuentra influenciada por un clima cálido mediterráneo donde se producen veranos con temperaturas medias entre 27-32°C y con unos inviernos suaves con temperaturas medias entre 10-15°C. Se caracteriza también por una sequía estival y por la concentración de precipitaciones en otoño relacionadas con el fenómeno meteorológico de gota fría o una Depresión Aislada en Niveles Altos (DANA).

Hay que destacar la cercanía del barranco al Mar Mediterráneo, de aguas cálidas, que presenta un funcionamiento climático especial, debido a que se encuentra rodeado por elevadas cordilleras entre África y Europa. Esto provoca que se retenga el calor latente acumulado durante el verano que, en otoño, provoca un estancamiento y una aportación continua de masa de aire húmedo generando altas tensiones de vapor de agua que sí coinciden con vaguadas y depresiones frías en altitud por la oscilación de la corriente en chorro provoca precipitaciones de gran intensidad horaria. También un factor que se debe destacar es la importancia que tiene el continente africano en

los procesos de condensación debido al polvo sahariano en suspensión y también por la influencia de las masas de aire tropical continental que se encuentran sobre él.

A continuación, se puede observar los valores climáticos normales y de carácter extremo obtenidos en el Aeropuerto Alicante-Elche, que se encuentra cerca del barranco de San Antón

Mes	T	TM	Tm	R	H	DR	DN	DT	DF	DH	DD	I
Enero	11.6	16.7	6.5	21	61	3.6	0.0	0.4	0.3	0.5	7.4	184
Febrero	12.3	17.4	7.1	20	61	2.9	0.0	0.5	1.0	0.2	5.7	179
Marzo	14.0	19.4	8.7	20	60	3.1	0.0	0.5	1.1	0.1	5.8	221
Abril	15.9	21.1	10.7	27	57	3.7	0.0	1.4	0.6	0.0	4.9	251
Mayo	18.9	23.8	13.9	28	59	3.7	0.0	2.0	0.3	0.0	5.1	291
Junio	22.8	27.6	18.0	10	58	1.6	0.0	1.5	0.2	0.0	8.8	316
Julio	25.5	30.1	20.8	4	59	0.7	0.0	0.8	0.1	0.0	14.5	344
Agosto	26.1	30.7	21.5	5	61	0.9	0.0	1.1	0.1	0.0	11.2	313
Septiembre	23.8	28.5	19.0	40	63	3.3	0.0	3.1	0.1	0.0	5.6	243
Octubre	19.8	24.7	14.9	46	64	4.1	0.0	2.0	0.4	0.0	4.4	218
Noviembre	15.4	20.3	10.6	34	64	3.8	0.0	0.7	0.2	0.0	5.5	174
Diciembre	12.5	17.3	7.5	22	63	3.7	0.0	0.4	0.4	0.1	6.1	165
Año	18.2	23.2	13.3	277	61	35.1	0.0	14.5	4.7	0.8	84.4	2953

Tabla 2. Valores climatológicos normales. Alicante-Elche Aeropuerto (1981-2010). Elaboración propia.

T	Temperatura media mensual/anual (°C)
TM	Media mensual/anual de las temperaturas máximas diarias (°C)
Tm	Media mensual/anual de las temperaturas mínimas diarias (°C)
R	Precipitación mensual/anual media (mm)
H	Humedad relativa media (%)
DR	Número medio mensual/anual de días de precipitación superior o igual a 1 mm
DN	Número medio mensual/anual de días de nieve
DT	Número medio mensual/anual de días de tormenta
DF	Número medio mensual/anual de días de niebla
DH	Número medio mensual/anual de días de helada
DD	Número medio mensual/anual de días despejados
I	Número medio mensual/anual de horas de sol

Variable	Anual
Máx. núm. de días de lluvia en el mes	18 (may 1984)
Máx. núm. de días de nieve en el mes	1 (feb 1983)
Máx. núm. de días de tormenta en el mes	11 (sep 2009)
Prec. máx. en un día (l/m2)	235.0 (19 oct 1982)

Prec. mensual más alta (l/m2)	267.5 (oct 1982)
Prec. mensual más baja (l/m2)	0.0 (dic 2015)
Racha máx. viento: velocidad y dirección (km/h)	ND
Tem. máx. absoluta (°C)	41.4 (04 jul 1994)
Tem. media de las máx. más alta (°C)	33.3 (jul 2015)
Tem. media de las mín. más baja (°C)	3.0 (feb 2012)
Tem. media más alta (°C)	28.7 (jul 2015)
Tem. media más baja (°C)	8.8 (feb 2012)
Tem. mín. absoluta (°C)	-3.8 (26 dic 1970)

Tabla 3. Valores extremos. Alicante-Elche Aeropuerto (1967-2018). Elaboración propia.

4.2. Aspectos geomorfológicos

La comarca del Baix Vinalopó se encuentra enmarcada en una serie de conjuntos morfoestructurales de la Cordillera Bética que son los que caracterizan y constituyen las infraestructuras básicas del relieve. La comarca desde un punto de vista morfoestructural está integrada por la construcción de depresiones con carácter longitudinal e intramontañoso (Hernández Pacheco, 1934: 274-275) a las que se les podría denominar como fosas tectónicas.

Esta zona deprimida queda encajada entre dos conjuntos elevados formados principalmente por materiales neógenos y pliocuaternarios, configurando así una organización con la sucesión intercalada de bloques levantados y hundidos con una disposición NE-SO.

Se observa un predominio de la estructura monoclinal en la zona de contacto con la fosa donde el buzamiento suave de las litofacies hacia el sur, relacionado con movimientos de subsidencia, ha generado un basculamiento de los sedimentos hacia la propia fosa. Todo este proceso ha producido un predominio de la erosión diferencial, dando como resultado diferentes elementos del relieve individualizados por depresiones ortoclinales.

Con esta disposición monoclinal, se produce una ruptura de la pendiente que ha favorecido la formación de glaciares y de diferentes abanicos aluviales, como se puede observar en las diferentes cuencas vertientes que desaguan en la fosa, que tienen como característica común el tener sus cabeceras sobre materiales cretácicos del Prebético y tienen su salida a través de un boquete cataclinal, formado por los procesos erosivos y de vaciado, que corresponde al cauce principal de la propia cuenca. Por lo que en la zona aguas arriba de las cuencas predominarían los procesos de erosión y en la zona aguas abajo predominarían los procesos de acumulación, de construcción y renovación de suelos.

Por lo tanto, a partir de los boquetes cataclinales es cuando comienza la construcción de los diferentes abanicos aluviales encabezados por el río Vinalopó y donde, al este del mismo, se encuentran diferentes barrancos entre los cuales se encuentra el barranco de San Antón.

De este modo, en el barranco se encontraría por una parte un cauce encajado donde se concentraría gran parte de la escorrentía que coincidiría con la zona montañosa y la Galiá y, por otro lado, una zona de laminación del agua que supondría gran parte de la superficie del abanico aluvial que coincidiría con su tramo final. El elemento que diferencia cada parte está relacionado con los eventos de inundación y con las fases de formación del abanico, por lo que se podría decir que el cauce ha ido encajándose sobre sus propios abanicos aluviales y superponiéndose al del Vinalopó.

4.3. Aspectos litológicos

La litología comprende un papel importante a la hora de determinar el nivel de riesgo por inundación, ya que sus características en cuanto a su porosidad e impermeabilidad influirán en la capacidad de infiltración del suelo, que determinará el tiempo de propagación y el grado de escorrentía del agua. En la zona de estudio los materiales duros coinciden con las zonas montañosas y los materiales blandos con los glaciares o los abanicos aluviales (Anexo I, Mapa 2).

En la zona montañosa se encuentra la cabecera del barranco, situada en la Serra del Tabaià, donde hay un predominio de calcarenitas y un importante afloramiento del Keuper arcilloyesoso (Enrique Materredona, 2004: 99). En este sector, como en la gran mayoría de la comarca del Baix Vinalopó, se encontrará un depósito del Mioceno formado por margas, arcillas y yesos. Hay que decir que en esta zona el cauce no es fácil de determinar su forma, ya que el grado de antropización que ha sufrido esta área es muy alto.

Por lo tanto, se producirá una disminución del tiempo de concentración debido a la impermeabilidad de los suelos arcillosos y de la pendiente que hay en esta zona que derivará en un aumento de las partículas de arrastre debido a la deleznablez de los materiales existentes.

Al pie de las sierras se disponen materiales conglomerados sobre suelos arcillosos y margosos con una elevada infiltración debido a su alto grado de porosidad, formando glaciares. Este alto grado de porosidad ayuda a la formación de corriente de agua subterránea o parcialmente subterránea, es decir, favorece la aparición de un caudal subálveo.

En la zona del abanico aluvial del barranco se encuentra un sedimento cuaternario formado por gravas, arenas y cantos debido al aporte generado por el propio barranco de San Antón y también a la influencia que ejerce el abanico aluvial del río Vinalopó.

4.4. Flora y vegetación.

La cubierta vegetal es un factor con gran influencia en los fenómenos de inundación ya que realiza una función de interceptar, laminar y almacenar una gran parte de las precipitaciones aparte de producir un efecto en la disminución del volumen de escorrentía.

Las zonas montañosas de Elche presentan un alto grado de deforestación favoreciendo a la posibilidad de generarse crecidas con unas precipitaciones menores debido a una escasa capacidad de absorción del suelo.

La vegetación que se puede encontrar en el entorno del barranco depende de según la zona de la cuenca que se analice ya que variará al tener diferentes ámbitos por donde pasa el cauce.

En la parte alta de la cuenca, se encontrarán formaciones vegetales de espinares (*Rhamnus lycioides* sp. *lycioides*) o lentiscos (*Pistacia lentiscus*) entre otras, que son muy comunes en la comarca del Baix Vinalopó debido a las condiciones climáticas que se dan en la misma. La mayoría son formaciones cerradas de arbustos, muy fragmentadas y localizadas debido a un intenso aprovechamiento durante cientos de años. Además, están los pinares (*Pinus halepensis*) que son muy frecuentes debido a las repoblaciones realizadas en el s.XX.

Por otro lado, y de forma más generalizada, se encuentran pequeños arbustos y matas leñosas de formación abierta adaptadas a la aridez propia de la zona. Entre estas formaciones se pueden destacar el romero (*Rosmarinus officinalis*) o romero blanco (*Helianthemum syriacum*), la albaida blanca (*Anthyllis terniflora*), la corona de fraile (*Salsola genistoides*), o el esparto (*Stipa tenacissima*) entre otras.

La mayoría de estas especies tienen una altura que van desde los 50 cm hasta los 3-4 m., excepto el pino carrasco (*Pinus halepensis*) que puede alcanzar hasta los 20 metros de altura.

En lo que se refiere al entorno del cauce se encuentran especies vegetales hidrófilas o de cierta afinidad halófila que en ciertos tramos es de una gran densidad tanto fuera como dentro del propio cauce. Las especies más comunes que se pueden encontrar en este ámbito son el baladro (*Nerium oleander*), el carrizo (*Phragmites australis* sp. *australis*), el taray (*Tamarix* sp.) o el albardín (*Lygeum spartum*).

También se encuentran especies invasoras a lo largo del cauce como pueden ser la caña (*Arundo donax*), la mimosa (*Acacia dealbata*), el ricino (*Ricinus communis*), el ailanto (*Ailanthus altissima*) o el gandúl (*Nicotiana glauca*).

5. Efectos de inundación por lluvia torrencial. Inundaciones históricas.

Cuando acontece un episodio de lluvias torrenciales, se producen elevadas cantidades de precipitación que producen un aumento en los caudales de ríos y ramblas arrastrando consigo todo lo que encuentra a su paso.

Estas crecidas que se producen en los diferentes cursos causan graves daños en la actividad agraria (inundación de cultivos, infraestructuras agrarias, etc.), en infraestructuras viarias terrestres o en ciudades, debido al crecimiento descontrolado de la trama urbana, situando calles sobre ramblas que, posteriormente, se transformarán en auténticos canales de agua.

En la fachada mediterránea, las avenidas que se producen aumentan su peligrosidad debido a que la población vegetal es escasa, los relieves tienen una pendiente acusada y los materiales son deleznales provocando así que la carga sólida sea importante y produzca daños graves. En este ámbito enmarcaríamos al barranco de San Antón.

A continuación, se destacarán diferentes episodios de inundaciones históricas en las últimas décadas producidas en el propio barranco.

- 20 de octubre 1982. Relacionado con las riadas de 1982, producidas por una depresión fría en altitud de aire polar marítimo situada en el sector marítimo Cádiz-Alborán (Olcina, 2004; 58).

Esto provocó grandes inundaciones en toda la Comunidad Valenciana y afectó a la línea de ferrocarril Alicante-Murcia en su tramo por el barranco de San Antón. El registro de precipitación fue de 235 mm⁹.

- 4 de noviembre 1987. Se trataría de un episodio originado por una depresión fría al suroeste y su borrasca superficial asociada, que animaron al arrastre de aire tropical continental sobre el Mediterráneo Occidental y propiciaron la génesis de un importante sistema convectivo de mesoescala. A estos factores se sumaría la instalación de un sector de divergencia en altitud sobre el cuadrante suroriental de la Península Ibérica, entre la isohipsa que cierra la baja desprendida y la superficie equipotencial que marca el contorno de la estructura de dipolo¹⁰.

Esto provocó el desbordamiento del Río Vinalopó y del barranco de San Antón provocando problemas en las partidas rurales de Atzavares, Jubalcoy y Saladas, como en el Barrio de Altabix. También se vieron afectadas las comunicaciones

⁹ Registro diario de precipitación más elevado en un día en el observatorio del Aeropuerto Alicante-Elche.

¹⁰ OLCINA CANTOS, J. (1994): *Tormentas y granizadas en las tierras alicantinas*, Instituto Universitario de Geografía de la Universidad de Alicante, Alicante. Pp 156-157.

con Alicante como el suministro eléctrico. El registro de precipitación fue de 146,8 mm.

- 5 de septiembre 1989. Se trataría del arrastre de aire sahariano sobre el Mediterráneo que provoca la génesis de condiciones atmosféricas fuertemente nubígenas que se reflejan en el gran sistema convectivo de mesoescala que ocupa el Mediterráneo Occidental a primeras horas del día 5¹¹.

En el entorno del barranco de San Antón, las zonas más afectadas son las del campo sufriendo daños en los sistemas de riego además de los diferentes cultivos. En la zona urbana es el tramo de la carretera de El Altet y la Circunvalación Sur. El registro de precipitación fue de 130 mm.

- 23 de septiembre 2008. Se trataría de una vaguada retrógrada en altura que fue acompañada por una baja presión en superficie que inyectan una masa cálida y húmeda que proviene del levante.

El barranco de San Antón provocaría daños en el campo debido al gran arrastre de rocas, en el Barrio de San Antón, en la Circunvalación Sur y en la carretera de Santa Pola. El registro de precipitación fue de 140 mm.

¹¹ OLCINA CANTOS, J. (1994): *Tormentas y granizadas en las tierras alicantinas*, Instituto Universitario de Geografía de la Universidad de Alicante, Alicante. Pp 171-172.

6. Evolución del cauce.

El barranco de San Antón a lo largo de las últimas décadas ha sufrido diferentes transformaciones en su cauce que ha causado una disminución del mismo a lo largo de su recorrido, desde su cabecera en el Tabaià hasta su cono de eyección en Atzavares Alt.

	1956	2017
Tramo 1 (m ²)	27.028	8.852
Tramo 2 (m ²)	73.301	45.122
Tramo 3 (m ²)	120.298	76.228
Tramo 4 (m ²)	12.283	8.614
Tramo 5 (m ²)	3.414	1.465
Total superficie Cauce (m²)	236.324	140.281

Tabla 4. Superficie del cauce total y por tramos años 1956 y 2017. Elaboración propia.

Esto se debe a las diferentes implantaciones sobre los usos del suelo que se han establecido en el entorno del barranco, con una pérdida progresiva de la actividad agraria y el establecimiento posterior de usos urbanos, rompiendo consigo ese equilibrio eco-antrópico que existía anteriormente. Produciendo de esta forma una ocupación o modificación en la forma del cauce y un aumento en su caudal debido al aumento de la impermeabilidad de los suelos de su entorno y por el aporte de aguas pluviales urbanas al barranco generando de esta manera un aumento de la peligrosidad.

A continuación, se hará un análisis más en detalle por tramos, comenzando aguas arribas desde la zona donde se encuentra la urbanización Bonavista, ya que desde este punto hasta su cabecera no existe una exposición considerable, hasta su último tramo en Atzavares.

Tramo 1



Mapa 1. Cauce 1956 y 2017 Tramo 1. Elaboración propia.

Año	1956	2017
Superficie Tramo 1 (m ²)	27.028	8.852

Tabla 5. Superficie cauce Tramo 1 año 1956 y 2017. Elaboración propia.

En este primer tramo se puede observar que en el entorno del cauce se ha producido un gran desarrollo urbano orientado principalmente a la construcción de bungalows, casas de campo (primera o segunda residencia) o chalets. Aquí como elemento más notorio sería la urbanización de Bonavista. Toda esta urbanización del entorno ha producido que se produzca una impermeabilización de los suelos generando consigo una disminución del filtrado de las aguas de lluvia y por tanto un mayor aporte al barranco, sumándole además el aporte del agua de los aliviaderos de las zonas residenciales.

Por otro lado, y como elemento más importante en la modificación del cauce, hay que destacar la A-7 que con su ampliación supuso un estrechamiento del cauce

generando de esta manera una pérdida de la laminación del agua y por lo tanto un aumento de la velocidad de la escorrentía (Imágenes 1 y 2). También hay que destacar el sistema de derivación de aguas para que las carreteras no se inunden haciendo que estás viertan en el barranco.



Imagen 1. Cauce Barranco de San Antón, refuerzo del relleno que sujeta la infraestructura. Elaboración propia



Imagen 2. Cauce Barranco de San Antón, clara modificación del cauce. Elaboración propia

Tramo 2



Mapa 2. Cauce 1956 y 2017 Tramo 2. Elaboración propia.

Año	1956	2017
Superficie Tramo 2 (m ²)	73.301	45.122

Tabla 6. Superficie cauce Tramo 2 año 1956 y 2017. Elaboración propia.

Este segundo tramo iría desde la A-7 hasta la Ronda Norte. En este tramo se puede observar de manera generalizada un abandono de terrazas de cultivo y un crecimiento urbano disperso de casas de campo en el entorno del barranco. En la primera parte de este tramo no hay ningún tipo de vivienda que haya podido modificar el cauce pero lo que sí que lo ha hecho es la carretera del Camino de Monforte en el margen derecho del barranco que ha estrechado su cauce. También se pueden observar aliviaderos de las zonas urbanas hacia el barranco (Imagen 3).

En el resto del tramo se observa a ambos márgenes del barranco que se ha producido un crecimiento urbano disperso ligado a casas de campo o segundas viviendas. Esta generación de viviendas dispersas ha crecido en muchas zonas en el

propio margen del barranco obligando a realizar medidas estructurales para reforzar el talud y así reducir el riesgo que pueda sufrir esas viviendas (Imagen 4). Esto también ha supuesto una disminución del área del cauce.



Imagen 3. Cauce Barranco de San Antón, primera parte del Tramo 2, Urbanización de Bonavista y A-7 al fondo.
Elaboración propia



Imagen 4. Cauce Barranco de San Antón, refuerzo del talud para la protección de viviendas. Elaboración propia.

Tramo 3



Mapa 3. Cauce 1956 y 2017 Tramo 3. Elaboración propia.

Año	1956	2017
Superficie Tramo 3 (m ²)	120.298	76.228

Tabla 7. Superficie cauce Tramo 3 año 1956 y 2017. Elaboración propia.

Este tramo es uno de los más afectados de todos ya que se encuentra a la altura de la ciudad, que además está creciendo hacia el mismo barranco, entre la Ronda Norte y la EL-20. Se puede observar un gran desarrollo urbanístico en su entorno sobretodo en su margen derecho donde el Barrio de Altabix ha experimentado un gran desarrollo hacia el cauce caracterizándose por bloques de edificios con alternancia de bungalows (Imagen 5). Todo esto ha supuesto una gran impermeabilización de los suelos que ha provocado un aporte de caudal extra al barranco.

Por otro lado, se puede observar la construcción de fábricas en el propio margen del barranco generando un grado de exposición elevado ante cualquier tipo de

avenida con un caudal de cierta entidad, como también la instalación de una subestación eléctrica y el paso por allí de las vías ferroviarias de la línea Murcia-Alicante.

Por último, hay que destacar también el mal mantenimiento del cauce a lo largo de todo este tramo, ya que no se ha realizado ningún tipo de limpieza del mismo, generando así una gran cantidad de vegetación provocando un efecto “tapón” con un aumento del calado además de provocar el aumento de carga sólida aguas abajo.



Imagen 5. Cauce Barranco de San Antón, bloques de edificios cerca del cauce con una gran densidad vegetación dentro del mismo. Elaboración propia.

Tramo 4



Mapa 4. Cauce 1956 y 2017 Tramo 4. Elaboración propia.

Año	1956	2017
Superficie Tramo 4 (m ²)	12.283	8.614

Tabla 8. Superficie cauce Tramo 4 año 1956 y 2017. Elaboración propia.

Este tramo es relativamente corto, pero es realmente importante ya que todas las aguas de escorrentía por avenida al ser taponadas por la carretera EL-20 han sido derivadas al barranco provocando de esta forma un gran aumento del caudal que provocará graves problemas en las viviendas que hay aguas abajo como se verá en el siguiente tramo.

Respecto al cauce ha sufrido un estrechamiento, aunque no ha sufrido grandes diferencias en comparación con otros tramos.

Tramo 5



Mapa 5. Cauce 1956 y 2017 Tramo 5. Elaboración propia.

Año	1956	2017
Superficie Tramo 5 (m ²)	3.414	1.465

Tabla 9. Superficie cauce Tramo 5 año 1956 y 2017. Elaboración propia.

Este último tramo es el más afectado de todos ya que se ha producido una gran antropización del mismo. Este tramo comprende entre la CV-865 y el final del barranco hasta el Camino Viejo de Santa Pola. Este tramo tiene un cauce con taludes de poca altura con vivienda pegadas al barranco con gran densidad de vegetación (Imagen 9).

A partir de aquí es difícil entender que el barranco de San Antón termine en una carretera (Imagen 6), por lo que lógicamente se ha producido una alteración total del mismo cauce convirtiendo el mismo en una carretera para poder conectar así las diferentes casas de campo y bungalows que se han construido en todo el entorno del barranco incluso invadiéndolo.

Esto se pudo observar en la forma meandrizante que tiene la carretera siguiendo la forma del cauce del barranco sobre el que está, produciendo con esto una total impermeabilización del cauce haciendo que el agua que viene de avenida corra sin ningún tipo de problema provocando graves problemas a todas las viviendas que hay construidas tanto en los bordes del cauce, algunas de ellas se puede observar que han reforzado sus parcelas con grandes muros, como en su cono de eyección donde hay implantado una agricultura de regadío pero que donde se hace notar toda el agua que proviene del barranco (Imagen 7).



Imagen 6. Cauce Barranco de San Antón, zona entre la CV-865 y el Camino Viejo de Santa Pola. Elaboración propia.



Imagen 7. Zona cono de eyección con gran ocupación. Precipitaciones del 27-28 de enero de 2018. Elaboración propia.

7. Evolución de los usos del suelo.

Los usos del suelo en el entorno del barranco de San Antón han sufrido una evolución progresiva de suelos principalmente de utilidad agraria a suelos urbanos (Anexo I, Mapas 3 y 4). Esta dinámica ha sido generalizada en todo el territorio del municipio.

Los usos tradicionales que se han establecido históricamente en la cuenca del barranco han sido de carácter primario relacionados con la actividad extractiva y principalmente con usos agrícolas. El primero ha sido totalmente abandonado y el segundo casi en su totalidad.

La actividad extractiva estaba relacionada con las canteras de areniscas que se pueden observar en la cabecera de la cuenca que fueron progresivamente en decadencia hasta su total abandono. Los cortes de las mismas se ven a lo largo de toda la sierra.

Por otro lado, el uso tradicional más extendido en toda la cuenca es el agrario, que en las zonas montañosas se encontraría una agricultura extensiva de secano y, en la zona del cono de deyección se hallarían cultivos de regadío. De esta forma, el paisaje que se puede observar estaba ocupado por extensos campos de cultivo con aterrazamientos que en la actualidad se pueden observar en total abandono que conllevará consigo la destrucción de los mismos con las avenidas aumentando de esta forma la carga sólida. Como vestigios de este paisaje agrario, en el barranco se pueden encontrar infraestructuras como azudes o boqueras, destinadas al sistema de riego por boqueras que consistía en el aprovechamiento de las aguas de avenida para poder regar los campos de cultivo que había en el entorno del barranco ya que al ser una zona donde escasean las precipitaciones se tenía que aprovechar al máximo el agua.



Imagen 8. Azud de Bernia en el barranco de San Antón. Elaboración propia.



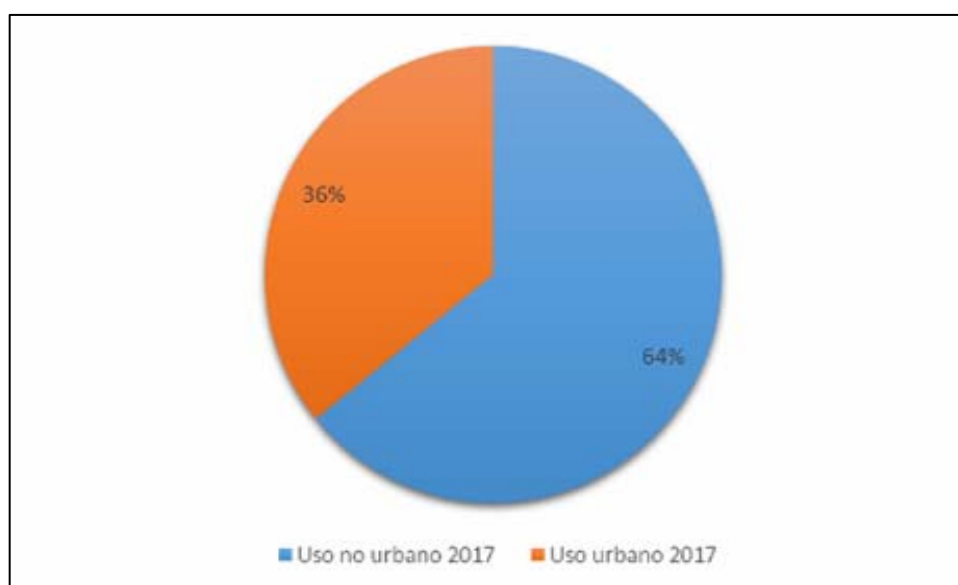
Imagen 9. Restos de boquera en el barranco de San Antón. Elaboración propia.

A partir de la segunda revolución industrial y principalmente en la segunda mitad del s.XX se producen unos cambios económicos y demográficos importantes que han propiciado un incremento de la urbanización. Esto se puede observar claramente, por ejemplo, en el año 1956 la superficie urbana del municipio correspondía solamente a un 3% del territorio, en el año 1985 era de un 11% y en el año 2005 de un 17%. En la actualidad, este crecimiento ha seguido produciéndose de manera más pausada debido a la crisis producida en el sector inmobiliario.

El entorno del barranco de San Antón no ha sido diferente al resto del territorio municipal y se ha visto afectado por el crecimiento urbano suponiendo esto un aumento de la impermeabilidad de los suelos y por lo tanto un mayor aporte de agua al cauce propiciando un aumento del caudal.

	Total (m ²)	%
Uso no urbano	6.422.368	64%
Uso urbano	3.593.782	36%
Cuenca del barranco de San Antón	10.016.150	100%

Tabla 10. Superficie y porcentaje de usos del suelo en la cuenca del barranco de San Antón. Elaboración propia.



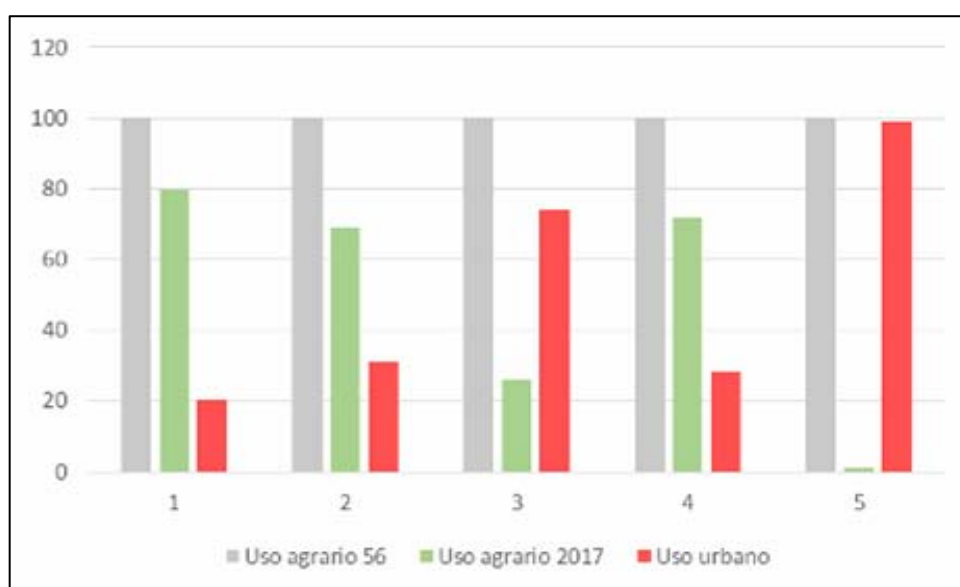
Grafica 1. Porcentaje de usos del suelo en la cuenca del barranco de San Antón. Elaboración propia.

En el año 1956, los usos agrarios establecidos dentro de la cuenca del barranco correspondían al 100% de su superficie; en la actualidad, los usos agrarios han ido abandonándose debido a que la evolución de la ciudad ha sido hacia una economía basada en el sector industrial y de servicios produciendo de esta manera una ocupación de antiguas zonas agrarias para la construcción de viviendas o zonas

industriales reduciendo el porcentaje de suelo no urbano en un 36 % ,es decir, una disminución de 3.593.782 m² de territorio dentro de la cuenca. Hay que destacar, que esta reducción de suelo agrario se ha producido de forma desigual en los diferentes tramos.

	Uso agrario (m ²) Vuelo 1956		Uso agrario (m ²) Ortofoto 2017		Uso urbano (m ²) Ortofoto 2017		Superficie Total (m ²)	
Tramo 1	6.140.982	100%	4.894.557	80%	1.246.425	20%	6.140.982	100%
Tramo 2	1.023.613	100%	703.600	69%	320.013	31%	1.023.613	100%
Tramo 3	2.671.467	100%	700.539	26%	1.970.928	74%	2.671.467	100%
Tramo 4	171.915	100%	123.576	72%	48.339	28%	171.915	100%
Tramo 5	8.173	100%	96	1%	8.077	99%	8.173	100%

Tabla 11. Superficie y porcentaje de usos del suelo por tramos en la cuenca del barranco de San Antón.
Elaboración propia.



Gráfica 2. Porcentaje de usos del suelo por tramos en los años 1956 y 2017.

En el análisis por tramos se observa que a lo largo de todo el barranco se ha producido en cada uno de ellos una pérdida de suelo agrario a favor de nuevos usos del suelo de carácter urbano; hay que destacar que esta pérdida de suelo agrario es notable en los tramos 3 y 5.

En el tramo 3, la superficie de uso agrario en el año 1956 sería de 2.671.467 m² ya que la agricultura ocupaba la totalidad de este tramo; en la actualidad esta superficie se ha visto reducida hasta un 73,78% siendo la superficie actual de unos 700.539 m² para usos de tipo agrario. Esta disminución del suelo agrario se debe principalmente a que la ciudad de Elche está orientando su expansión urbana hacia la

zona del barranco, produciendo una impermeabilización de su entorno en este tramo que derivará en un mayor aporte de aguas pluviales y consigo un aumento del caudal, produciendo nuevos problemas aguas abajo.

En el tramo 5, el cauce casi ha desaparecido en su totalidad convirtiéndose en una carretera y su entorno ha sido totalmente ocupado por bungalows o chalets. En el año 1956 el entorno era en su totalidad de uso agrario; pero en la actualidad el suelo urbano representa un 98.83% del uso del suelo, produciendo de esta manera una gran exposición ante las aguas de avenida ya que este tramo corresponde con la zona del cono de deyección del barranco.

8. Estudio geomorfológico del cauce.

Para poder saber que dinámicas ocurren dentro del cauce y que procesos de modelación se están produciendo, ya que es conveniente observarlos porque de esta manera se podrá saber de qué manera se comporta el agua de avenida dentro del cauce y en qué condiciones se encuentra el mismo para poder prevenir otros riesgos que puedan producirse derivados de la escorrentía.

En cuanto a la escorrentía, se puede observar que acumula su flujo principalmente en el centro del cauce ya que se pueden observar encajamientos o incisiones en el propio suelo formando de esta manera como un doble cauce, es decir, se reproduce un encajamiento tipo braided que vienen a ser pequeños cauces interconectados poco profundos divididos por tierra depositada de aluvión (Imagen 10).

También es importante destacar la gran cantidad de material de arrastre que arrastra el flujo de agua lo que nos puede indicar por un lado la velocidad y la altura que ha podido llegar a tener la avenida. Esto es palpable en la cantidad y en el tamaño de los cantos arrastrados que se han depositado en el cauce (Imagen 11) y también en la vegetación que ha arrastrado o la forma que pueden tener (Imagen 12), sobretodo la que se encuentra en el talud del barranco ya que esto ayudará a estimar la altura que ha podido llegar a tener el agua en la avenida.



Imágenes 10 y 11. Cauce Barranco de San Antón, gran cantidad de cantos arrastrados por la escorrentía. Elaboración propia.



Imagen 12. Cauce Barranco de San Antón, vegetación tumbada y arrastrada por la fuerza de la esorrentía. Elaboración propia.

Por otro lado, estaría la inestabilidad de los taludes del barranco generados por los efectos asociados a la riada como pueden ser por lluvias intensas (infiltración), inundación de la base del talud, erosión de la ladera, disolución interna y socavación.

Todos estos factores evidentemente es muy difícil que actúen de forma independiente, la mayoría de los efectos están interrelacionados.

Por un lado, en el barranco se pueden ver diferentes desprendimientos en los taludes que se han producido seguramente como resultado de lluvias intensas que han provocado infiltración en el suelo blando provocando el desprendimiento (Imagen 13).

También se consigue observar desprendimientos derivados de una erosión excesiva de la base del talud, observándose la zapa lateral bien marcada que, además, habría que sumarle en muchos tramos la construcción de muros encima del talud lo que hará aumentar el peso sobre la ladera y, por tanto, generar un aumento del peligro de desprendimiento (Imagen 14).

Además se logra observar hundimientos tipo piping dentro del cauce derivado de la filtración del agua por conductos subterráneos generando una socavación y el colapso y posterior derrumbe del suelo.



Imagen 13. Desprendimiento en el cauce del Barranco de San Antón. Elaboración propia.



Imagen 14. Descalzamiento en el cauce del Barranco de San Antón afectando a infraestructuras sobre el talud. Elaboración propia.

9. Características morfométricas y red de drenaje.

Para realizar un análisis de las características físicas de una cuenca hidrográfica se necesita un estudio de la red de drenaje, las pendientes y la forma de la cuenca a partir de unos valores obtenidos. Estas características físicas van a tener una gran relación con el comportamiento de las futuras avenidas que puedan producirse en la cuenca.

Parámetros asociados a la forma de la cuenca

La forma de la cuenca interviene en los eventos de avenidas ya que influye de manera importante en las características del hidrograma, debido a que condiciona la velocidad de la escorrentía superficial.

La medición de los factores de forma tiene como función final la de cubrir dos objetivos: el primero, es comparar la forma de la cuenca con figuras geométricas y el segundo, comparar los resultados de las mediciones.

El área (A) es la superficie de drenaje de un sistema de escorrentía dirigido a un cauce natural, el cual se expresa normalmente en km^2 .

El perímetro (P) es la longitud sobre un plano horizontal, que recorre la divisoria de aguas, se suele medir en metros o kilómetros.

La longitud de la cuenca (L) es la distancia desde la desembocadura de la cuenca hasta el punto de aguas arriba más alejado de la línea del contorno de la cuenca.

Coeficiente de Forma (R_f) es la relación entre el área y la longitud de la cuenca. Intenta medir como es de alargada la cuenca.

Coeficiente de compacidad (K_c) compara la forma de la cuenca con la de una circunferencia. Para cuencas de forma circular tiene un valor inferior o igual que 1 y para cuencas alargadas tiene un valor superior a 1.

Razón de Elongación (R_e) es la relación entre el diámetro de un círculo con igual área que la de la cuenca y la longitud máxima de la misma.

Los valores resultantes del Ancho de la cuenca (B), Coeficiente de forma (R_f), la Razón de elongación (R_e) son bajos y el Coeficiente de compacidad (K_c) es alto por lo que indican que la cuenca del barranco de San Antón tiene una forma alargada y de poca pendiente. Las cuencas con esta forma no suelen concentrar el agua de las avenidas y su tiempo de concentración es muy bajo, hecho que se incrementa debido a la gran pendiente que hay en su cabecera y su escasa vegetación. Esto hará que las avenidas se propaguen y se generen en un tiempo corto.

Área (A)	10,016 km ²	
Perímetro (P)	33,370 km	
Longitud de la cuenca (L)	9,352 km	
Longitud cauce principal (Lc)	13,93 km	
Ancho cuenca (B)	0,72	
Pendiente media (J)	$J = \frac{H_{MAX} - H_{MIN}}{L_{FF,LL}}$	1,6 %
Coeficiente de forma (Rf)	$R_f = \frac{A}{L_m^2}$	0,115 Km ² /Km ²
Coeficiente de compacidad (Kc)	$K_c = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}}$	2,95
Razón de elongación (Re)	$R_e = 1.128 \frac{\sqrt{A}}{L_m}$	0,382 km/km

Tabla 12. Parámetros asociados a la forma de la cuenca. Elaboración propia.

Parámetros de la Red de drenaje

La red de drenaje son todos los cauces que se encuentran en una cuenca, que uniéndose unos con otros forman uno principal que recoge todas las aguas y materiales transportados hasta la desembocadura del barranco. Para caracterizar la red de drenaje habrá que asignar a que orden pertenece cada cauce (Ley de Horton).

Por lo tanto, se ha determinado que el barranco es de 4^o orden, teniendo un total de 110 cauces dividiéndose en 89 de primer orden, 16 de segundo orden, 4 de tercer orden y 1 de cuarto orden.

Orden del barranco	4				
N ^o de cauces según su orden (Nu)	110	1 ^{er} orden	89		
		2 ^o orden	16		
		3 ^{er} orden	4		
		4 ^o orden	1		
Relación de bifurcación (Rb)	Orden	1	2	3	4
	Nu	89	16	4	1
	Rb		5,5	4	4
	Rb total	4,5			
Longitud total de cauces (Lt)	Orden	1	2	3	4
	Lt (Nu)	18,3 km	13,4 km	6,9 km	7,9 km
	Lt	46,5 km			
Densidad de drenaje (Dd)	Dd=Lt/A			4,6 km/km ²	

Coeficiente de torrencialidad (Ct)	$Ct = Nu_1/A$	8,9
------------------------------------	---------------	-----

Tabla 13. Valores de la Red de drenaje. Elaboración propia.

La Relación de Bifurcación (Rb) indica las diferentes variaciones que se producen geoecológicamente en la cuenca del barranco. Generalmente los valores de Rb se encuentran entre 3 y 5 para cuencas que tienen importantes variaciones geoecológicas. En el caso del barranco de San Antón es de 4,5, por lo que entraría dentro de los parámetros anteriormente descritos.

La densidad de drenaje (Dd) indica la cantidad de cauce por km^2 . En el barranco la Dd representa un $4,6 km/km^2$ esto indica una red de drenaje desarrollada, con muchos colectores. Esto indica que la cuenca tiene una respuesta rápida ante cualquier precipitación de carácter extremo, canalizando el agua con rapidez y formando una avenida importante en un corto espacio de tiempo.

Por último, el Coeficiente de Torrencialidad (Ct) establece la relación entre los cauces de orden 1 y el área de la cuenca. En el barranco el Ct es de 8,9 debido al gran número de cauces de orden 1 lo que indica que en la cuenca se produce una escorrentía de gran velocidad y poder erosivo.

10. Estudio hidráulico.

Para la realización del estudio hidráulico se han utilizado los programas HEC-GRAS y HEC-HMS juntamente con el programa ArcGIS. En la ejecución del estudio se ha realizado una división por tramos del barranco, a los cuales se les ha dado un coeficiente de Manning diferente en función del tipo ocupación del suelo y de sus características físicas; además para establecer los parámetros de desnivel del terreno se ha utilizado un MDT de 5 metros.

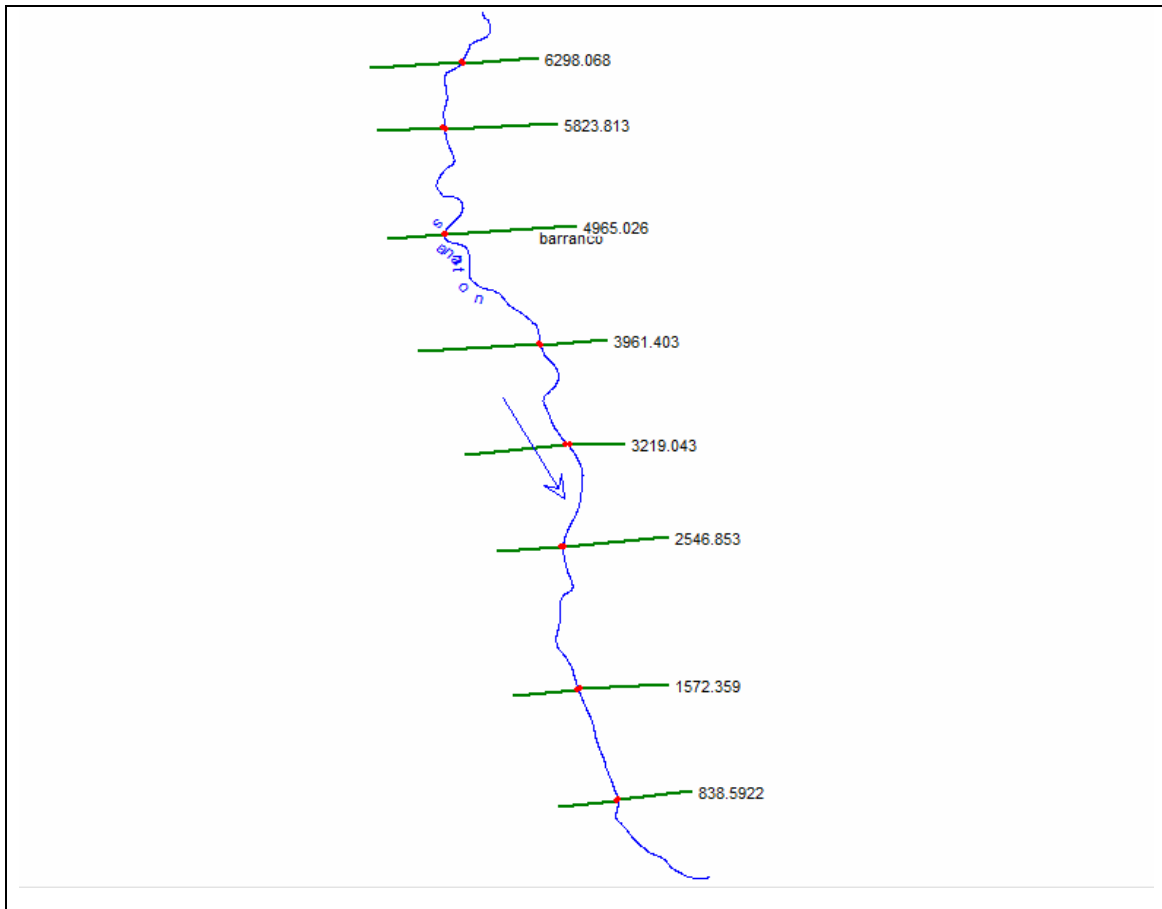


Imagen 15. División por tramos del barranco en HEC-RAS. Elaboración propia.

El objetivo que tiene la realización del estudio es la obtención de calados, velocidades y superficies inundadas para periodos de retorno de 50, 100 y 500 años con precipitaciones de 123, 155 y 235 mm respectivamente. De esta manera, se pretende entender que dinámica tiene el barranco ante un fenómeno de carácter extraordinario.

Superficie inundada

Periodo de retorno de 50 años

Tramos	T50-Area (m ²)	T100-Area (m ²)	T500-Area (m ²)
6298.068	35.86	42.64	57.92
5823.813	38.35	45.31	60.97
4965.026	30.19	36.3	51.27
3961.403	32.92	38.92	53.61
3219.043	46.34	54.47	81.71
2546.853	45.29	53.74	77.22
1572.359	70.48	96.21	141.64
838.5922	356.15	418.71	592.24

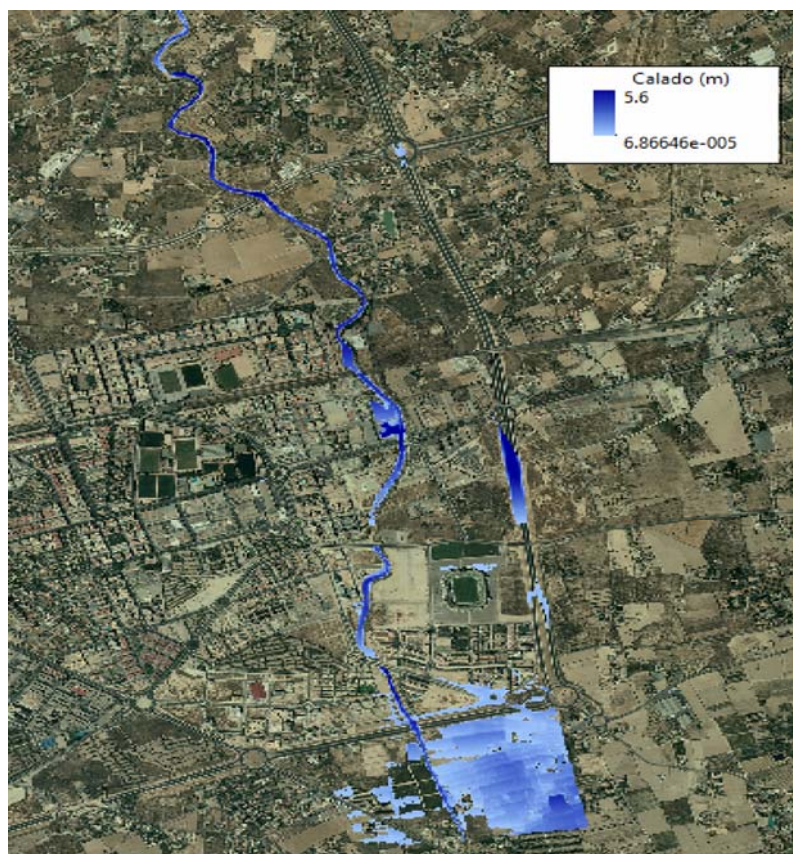
Tabla 14. Superficie inundada por tramos. Elaboración propia.

Calados

Periodo de retorno de 50 años.

Tramo	Prof. media margen izquierda (m)	Prof. media cauce (m)	Prof. media margen derecha (m)
6298.068	0	0.73	1.4
5823.813	0.63	1.27	0.8
4965.026	0.18	1.93	1.25
3961.403	0.67	2	0.97
3219.043	0	1.85	1.07
2546.853	0.81	0.3	0
1572.359	0.21	2	0.36
838.5922	1.07	0.56	0.13

Tabla 15. Calados para periodo de retorno de 50 años. Elaboración propia.

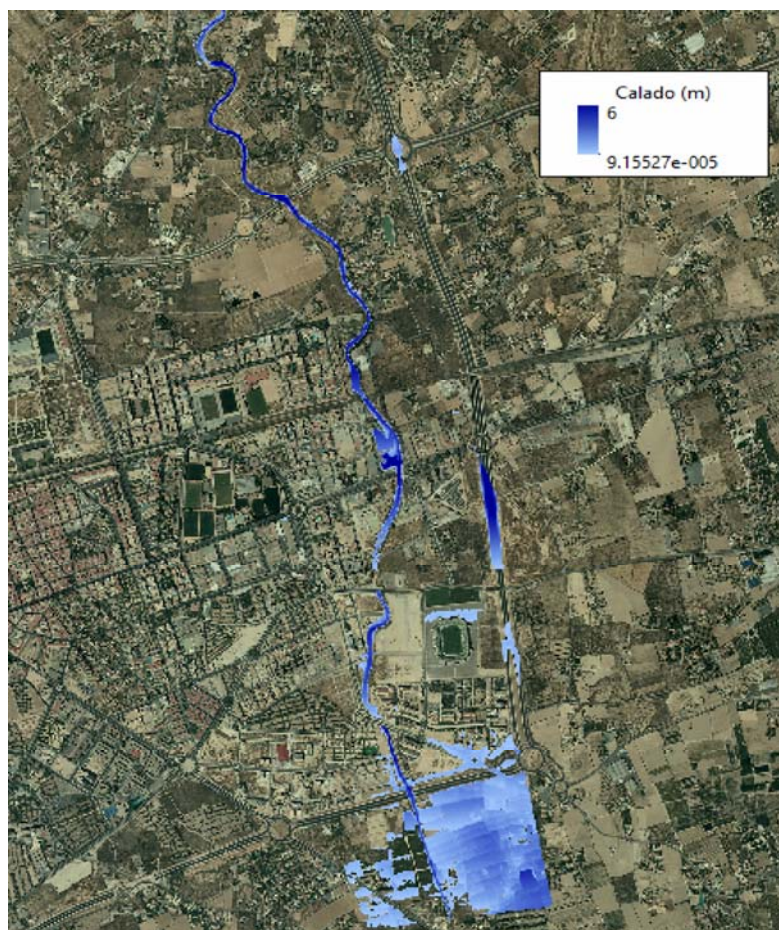


Mapa 6. Calados de periodo de retorno 50 año. Elaboración propia

Periodo de retorno de 100 años.

Tramo	Prof. media margen izquierda (m)	Prof. media cauce (m)	Prof. media margen derecha (m)
6298.068	0	0.87	1.59
5823.813	0.75	1.46	0.93
4965.026	0.34	2.26	1.41
3961.403	0.8	2.27	1.14
3219.043	0	2.03	1.16
2546.853	0.91	0.4	0
1572.359	0.27	2.13	0.39
838.5922	1.2	0.65	0.26

Tabla 16. Calados para periodo de retorno de 100 años. Elaboración propia.

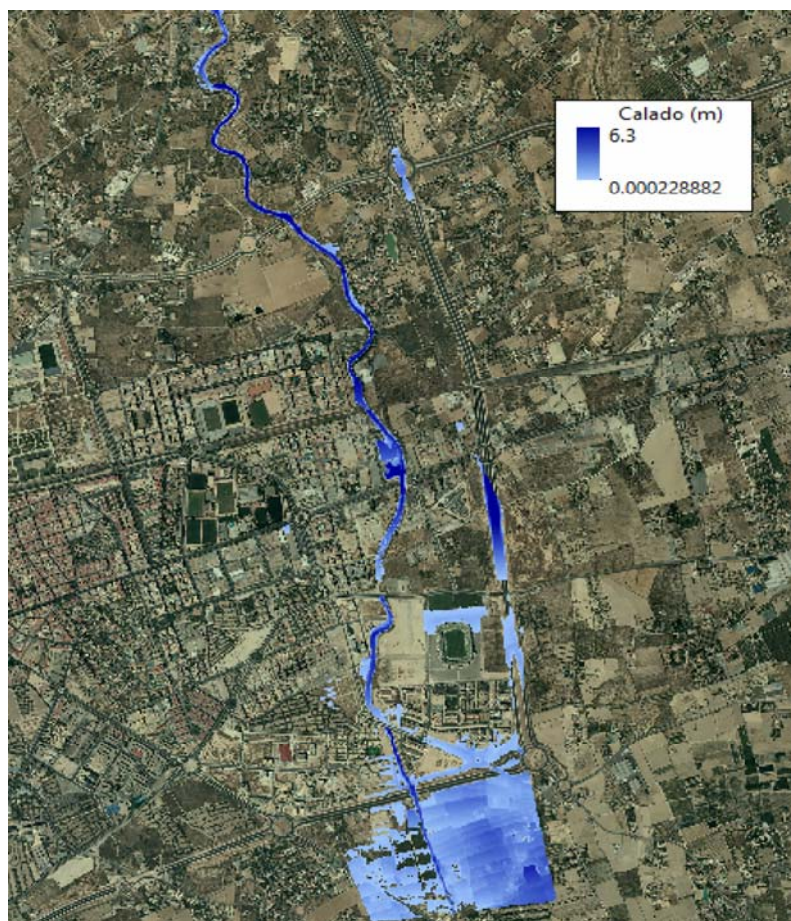


Mapa 7. Calados de periodo de retorno 100 años. Elaboración propia

Periodo de retorno de 500 años.

Tramo	Prof. media margen izquierda (m)	Prof. media cauce (m)	Prof. media margen derecha (m)
6298.068	0	1.16	2
5823.813	1	1.88	1.21
4965.026	0.69	2.96	1.75
3961.403	0.82	2.88	1.51
3219.043	0.38	2.33	1.42
2546.853	0.96	0.63	0
1572.359	0.42	2.32	0.41
838.5922	1.32	0.85	0.41

Tabla 17. Calados para periodo de retorno de 500 años. Elaboración propia.



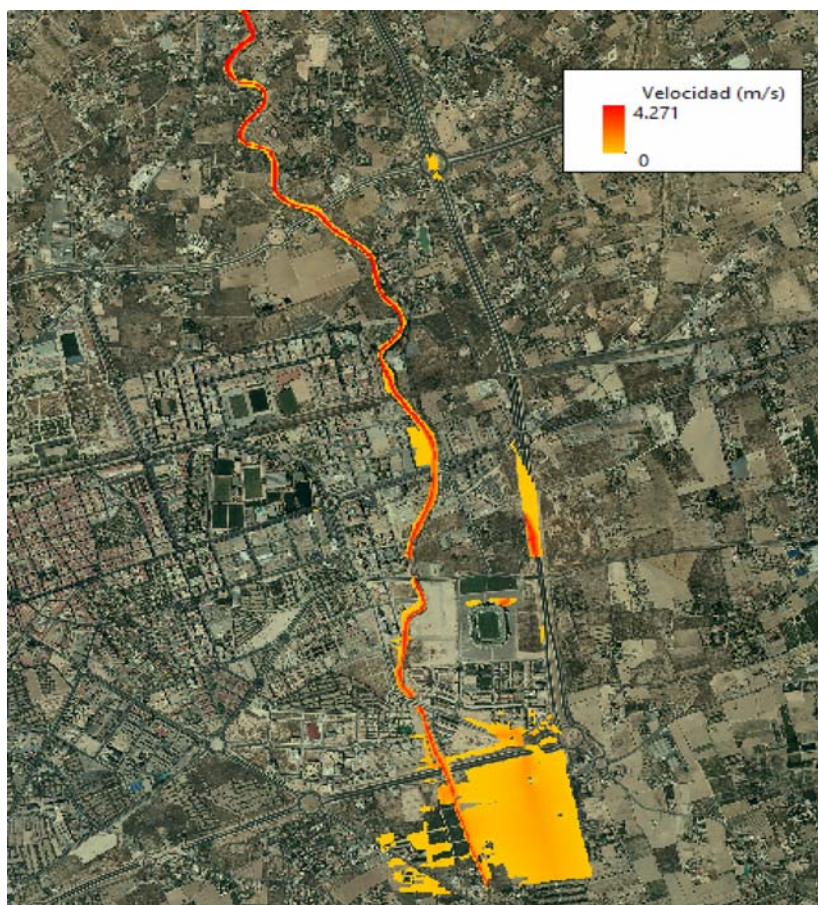
Mapa 8. Calados de periodo de retorno 500 años. Elaboración propia

Velocidades

Periodo de retorno de 50 años.

Tramo	Velo. media margen izquierda (m/s)	Velo. media cauce (m/s)	Velo. media margen derecha (m/s)
6298.068	0	2.1	3.63
5823.813	2.33	3.4	2.72
4965.026	0.96	4.27	3.24
3961.403	2.06	4.1	2.74
3219.043	0	2.91	2.26
2546.853	2.72	2.71	0
1572.359	0.82	2.6	1.2
838.5922	0.33	2.12	0.08

Tabla 18. Velocidades para periodo de retorno de 50 años. Elaboración propia.

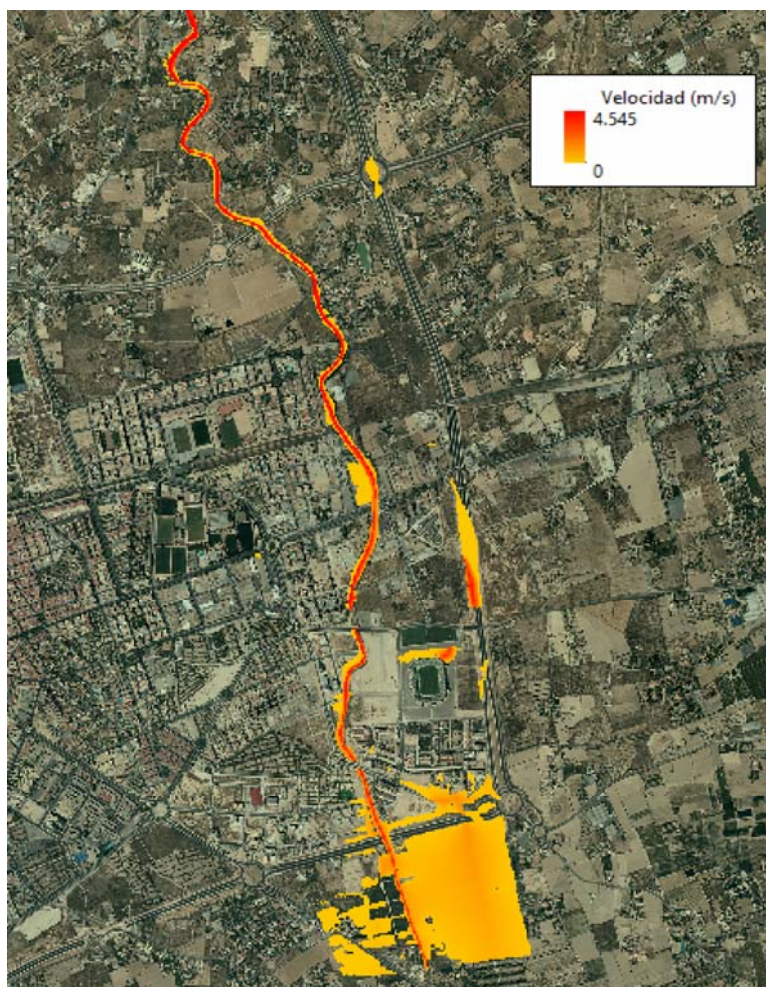


Mapa 9. Velocidades periodo de retorno 50 años. Elaboración propia

Periodo de retorno de 100 años.

Tramo	Velo. media margen izquierda (m/s)	Velo. media cauce (m/s)	Velo. media margen derecha (m/s)
6298.068	0	2.31	3.86
5823.813	2.56	3.64	2.93
4965.026	1.41	4.54	3.37
3961.403	2.3	4.4	3.02
3219.043	0	3.14	2.43
2546.853	2.86	3.24	0
1572.359	0.88	2.68	1.17
838.5922	0.36	2.35	0.13

Tabla 19. Velocidades para periodo de retorno de 50 años. Elaboración propia.

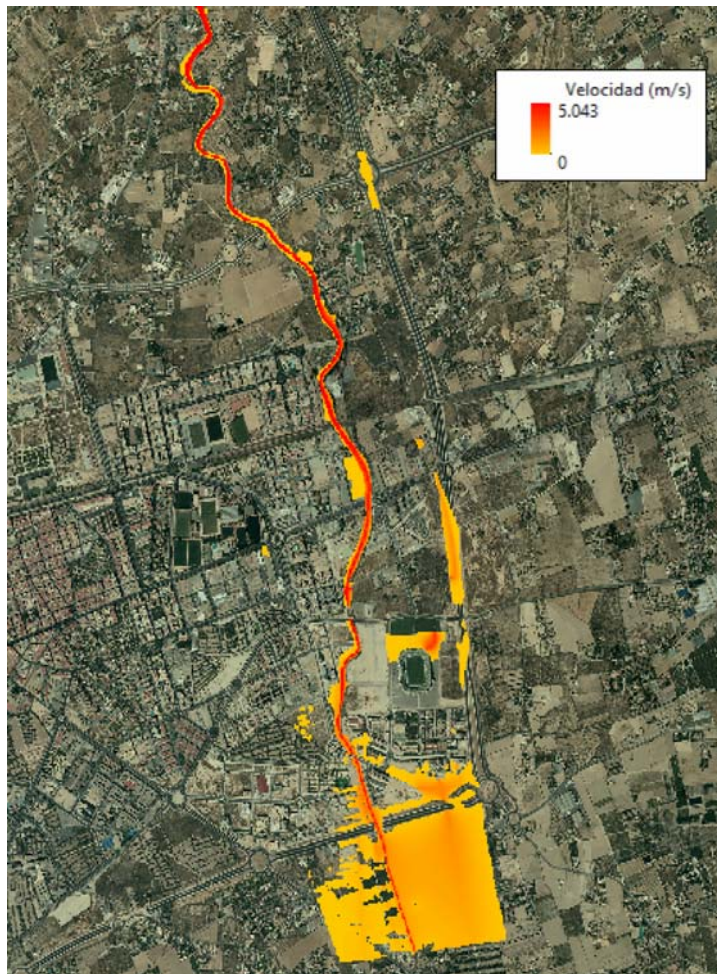


Mapa 10. Velocidades periodo de retorno 100 años. Elaboración propia

Periodo de retorno 500 años.

Tramo	Velo. media margen izquierda (m/s)	Velo. cauce (m/s)	Velo. media margen derecha (m/s)
6298.068	0	2.7	4.34
5823.813	2.97	4.13	3.33
4965.026	2.09	5.04	3.61
3961.403	2.72	4.93	3.46
3219.043	0.54	3.56	2.88
2546.853	2.95	3.97	0
1572.359	1.11	2.95	1.25
838.5922	0.39	2.82	0.17

Tabla 20. Velocidades para periodo de retorno de 50 años. Elaboración propia.



Mapa 11. Velocidades periodo de retorno 500 años. Elaboración propia

Tras la ejecución del análisis, se observa que los puntos de mayor velocidad y profundidad se producen dentro del propio cauce. La corriente de agua alcanza gran velocidad debido al gran desnivel que se produce en su descenso y al encajamiento que ha sufrido en las últimas décadas debido a la pérdida de superficie del cauce producida por la ocupación del mismo por el ser humano.

El mismo caso ocurre con las profundidades, los mayores calados se encuentran en el propio barranco, esto se produce también por la reducción del cauce, ya que el agua tiene que discurrir por un espacio más estrecho; además a esto se le suma también la gran impermeabilización que ha sufrido su entorno provocando de esta manera un mayor aporte de aguas pluviales. Esta mayor contribución hace que llegue una mayor cantidad de agua a su cono de deyección produciendo de esta manera graves inundaciones.

11.Estado y problemas actuales de la cuenca. Puntos conflictivos.

A lo largo de todo el cauce se pueden observar diferentes problemas asociados su mayoría a la acción humana que ha invadido o modificado el barranco, haciendo que se produzca un aumento del peligro de la inundación y un aumento en su carga sólida. Con esto, se han identificado 27 puntos conflictivos (Anexo I, Mapa 7) que pueden producir un aumento del riesgo. Para esto, se les ha asignado un tipo de riesgo:

- Riesgo bajo:
 - Patrimonio histórico que no afecta al incremento de la inundación.
 - Vías de comunicación con capacidad de desagüe.
- Riesgo medio:
 - Vías de comunicación con capacidad de desaguar, pero con elementos que pueden taponar el cauce.
 - Carreteras no muy transitadas que cruzan el cauce del barranco de San Antón.
- Riesgo alto:
 - Estructuras que invaden el cauce.
 - Vías de comunicación sin capacidad de desagüe suficiente.
 - Zona de cono de deyección donde se produce el derrame total de la avenida.

	Punto conflictivo	Riesgo
1	Unión Barranco de San Antón con Barranco de Santa María	Alto
2	PRCV-450. Barranc de Sant Antoni	Alto
3	Enlace A-70 y A-7 (I)	Bajo
4	Puente de la A-7	Bajo
5	Enlace A-70 y A-7 (II)	Medio
6	Carretera Camino de Castilla (CV-8501)	Medio
7	Carretera-Vía pecuaria Assagador del Molí Nou	Alto
8	Trasvase del Taibilla	Medio
9	Zona residencial (I)	Medio
10	Ronda Norte	Bajo
11	Camino Olmet	Alto
12	Zona residencial (II) y PRCV-450. Camí de les canteres.	Alto
13	Polígono Industrial (I)	Alto

14	Vía del tren y conducto de gas	Alto
15	Acequia (I)-Subestación eléctrica	Bajo
16	Polígono Industrial (II)	Alto
17	Carretera N-340	Bajo
18	Acequia (II)	Bajo
19	Av. José Esquitino Sempere-Camino viejo de Alicante	Alto
20	Parking estadio de fútbol	Alto
21	Puente Calle Alcalde Juan Hernández Rizo	Alto
22	Acequia (III)	Bajo
23	<i>Acequia (IV)-Carril bici. Zona residencial.</i>	Alto
24	Puente Av. de l' Altet	Alto
25	Puente carretera EL-20	Alto
26	Carretera de Santa Pola (CV-865)	Alto
27	Zona residencial (III) (Camino de Fideuer)	Alto

Tabla 21. Puntos conflictivos. Elaboración propia.

Para la elección de los diferentes puntos se ha tenido en cuenta una serie de factores, relacionados entre sí, que dificultarían el discurrir de la escorrentía a su paso por el barranco o generarían una mayor exposición, provocando de esta manera situaciones de riesgo por inundación pudiendo derivar así en pérdidas de vidas humanas o materiales. Los elementos que se han tenido en cuenta son los siguientes:

- Vías de comunicaciones.

Este factor hace referencia a todas las vías de comunicaciones que pueden ser afectadas por la actividad del barranco debido a que han ocupado el cauce.

En el estudio de los diferentes puntos conflictivos se han detectado hasta 15 puntos afectados por este factor. Sí que es verdad que el nivel de riesgo es diferente ya que algunos son más o menos perjudicados por una posible crecida del barranco.

Este factor dañaría desde carreteras con puentes como sin puente, vías de transporte diferentes a la carretera como es la vía del tren de cercanías Murcia-Alicante o senderos PRCV los cuales también son afectados por el barranco.

- Puentes.

En el barranco se ha contabilizado una cantidad de 14 infraestructuras que cruzan el cauce de forma elevada para el paso de vías de comunicación, trasvases o usos agrícolas históricos como acequias.

Este factor es importante ya que puede suponer un impedimento para el transcurso natural del agua y produciendo graves inundaciones en zonas urbanas y pudiendo poner en peligro vidas humanas.

- Patrimonio histórico-cultural.

Este factor hace referencia a los elementos históricos que pueden afectar al transcurrir de la escorrentía, impidiendo su flujo y que, a su vez debido, a su mala conservación, pueden contribuir al aporte sólido del flujo de agua, ya que pueden ser destruidos por la fuerza de la corriente. A todo esto, hay que añadirle la pérdida del patrimonio histórico de la ciudad.

- Vegetación.

La vegetación es un elemento muy importante en el suceso de las inundaciones ya que aparte de contribuir en gran medida a la carga sólida que puede transportar el flujo de agua de la avenida hace, por un lado, que la velocidad de la escorrentía disminuya pero, por otro, hace que aumente el calado de la inundación sobre todo en zonas de puentes ya que puede generar un efecto tapón que haga que la altura del agua suba inundando zonas urbanas afectando de esta manera a la población. Se calcula una superficie 47.068 m² que habría que desbrozar.

- Zonas industriales.

Este factor indica todos aquellos puntos que están relacionados con fábricas o polígonos industriales que se encuentran dentro del propio cauce o cerca del mismo dentro de la influencia de la inundación de una posible riada.

Este punto es muy importante ya que puede derivar en la pérdida de vidas ya que puede afectar a un gran número de personas que estén trabajando al igual que a la contaminación de las aguas y de los suelos del entorno del barranco.

- Zonas urbanas.

Aquellas zonas de bloques de viviendas, urbanizaciones o de poblamiento disperso que se ha establecido dentro o cerca del cauce del barranco y que pueden ser afectadas por la inundación de una avenida provocando daños materiales en la población. A esto habría que añadir la probabilidad de que puedan producirse pérdidas de vidas haciendo de este factor uno de los más importantes.

Una vez localizados los puntos conflictivos y establecido su nivel de riesgo, el resultado obtenido es que, de los 27 puntos, 16 tendrían un nivel de riesgo alto (59,26% del total), 4 un nivel de riesgo medio (14,81%) y 7 un nivel de riesgo bajo (25,93%)

Nivel de riesgo	Nº de puntos	%
Alto	16	59,26 %
Medio	4	14,81%
Bajo	7	25,93%

Tabla 22. Número y porcentaje de puntos conflictivos según su nivel de riesgo. Elaboración propia.

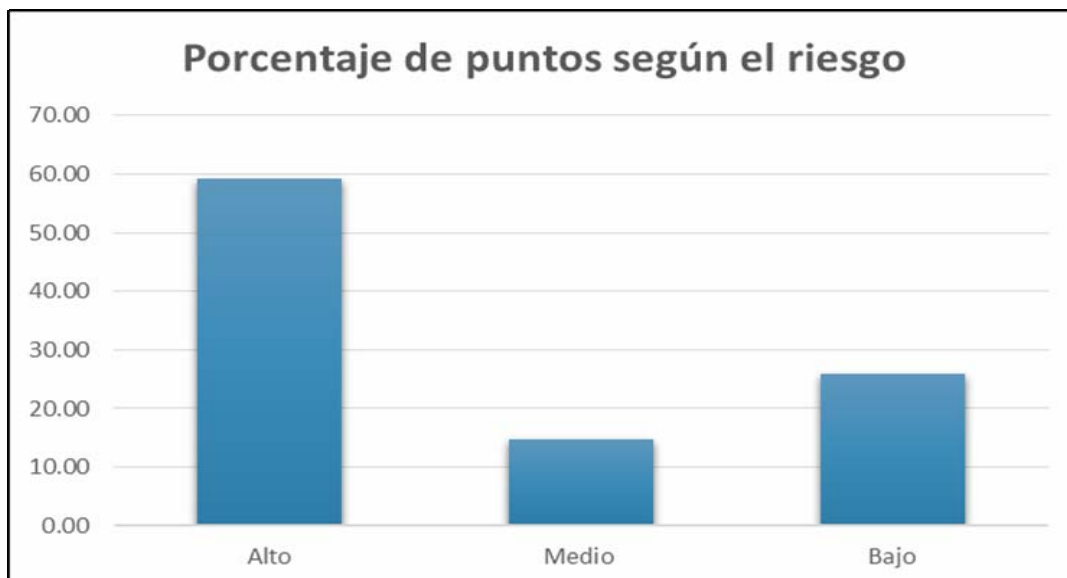


Gráfico 3. Porcentaje de puntos según su nivel de riesgo. Elaboración propia.

Si se realiza una distribución de los puntos conflictivos según su nivel de riesgo por los diferentes tramos, se puede observar un desigual reparto de los mismos a lo largo del cauce. Esto ayudaría a entender cuáles son los tramos más vulnerables y cuáles no. Este reparto se ha realizado obteniendo la siguiente tabla.

Nivel de riesgo	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3	Tramo 4	Tramo 5
Alto	2	2	12	1	3
Medio	1	3	0	0	0
Bajo	2	1	4	0	0
Total	5	6	16	1	3

Tabla 23. Número de puntos conflictivos según su nivel de riesgo por tramos. Elaboración propia.

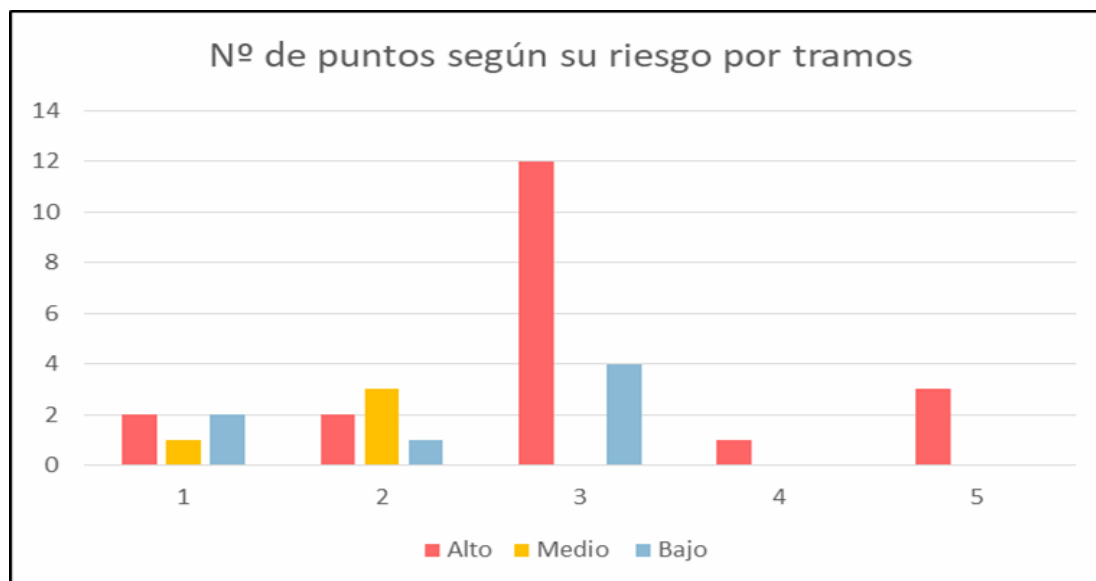


Gráfico 4. Número de puntos según su nivel de riesgo por tramos. Elaboración propia.

Se puede observar que en el tramo 3 se encuentran una gran cantidad de puntos conflictivos. Esto se debe principalmente a que es el tramo en el cual se observa la expansión de la ciudad de Elche hacia el barranco de San Antón y, por lo tanto, se produce una mayor cantidad de elementos sociales expuestos a la crecida del barranco.

También, una tendencia que se observa es la relación que hay entre los puntos de alto riesgo con las zonas urbanas, creciendo exponencialmente los primeros cuando aumenta la presencia de los segundos por lo que indicarán que las primeras medidas de actuación deberán ir dirigidas a las zonas urbanas.

Una vez realizado el estudio del barranco estableciendo los diferentes puntos conflictivos y su nivel de riesgo se examina cuáles son los factores que han propiciado la aparición de los puntos. Se puede observar que los puntos están afectados por más de un factor, con lo que se han llegado a establecer unos 68 factores en total, de los cuales 22 son por vías de comunicación (32,35%), 18 son por vegetación (26,47%), 16 son por puentes (23,53%), 6 para zonas urbanas (8,82%), 4 para patrimonio histórico-cultural (5,88%) y 2 para zonas industriales (2,94%).

	Nº de factores	%
Vías comunicación	22	32,35%
Vegetación	18	26,47%
Puentes	16	23,53%
Zona urbana	6	8,82%
Patrimonio histórico-cultural	4	5,88%
Zona industrial	2	2,94%

Tabla 24. Número y porcentaje de factores en todo el barranco. Elaboración propia.



Grafico 5. Porcentaje de factores conflictivos en el Barranco de San Antón. Elaboración propia.

También se realiza otra distribución, pero de los factores por los diferentes tramos que se han realizado para dividir el barranco, se puede observar que se produce otro desigual reparto de los mismos a lo largo del cauce. Este reparto se ha realizado obteniendo la siguiente tabla.

	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3	Tramo 4	Tramo 5
Vías comunicación	4	4	10	1	3
Vegetación	4	4	9	0	1
Puentes	3	3	9	0	1
Zona urbana	0	1	4	0	1
Patrimonio histórico-cultural	0	0	4	0	0
Zona industrial	0	0	2	0	0
Total	11	12	38	1	6

Tabla 25. Distribución de los diferentes factores por tramos. Elaboración propia.

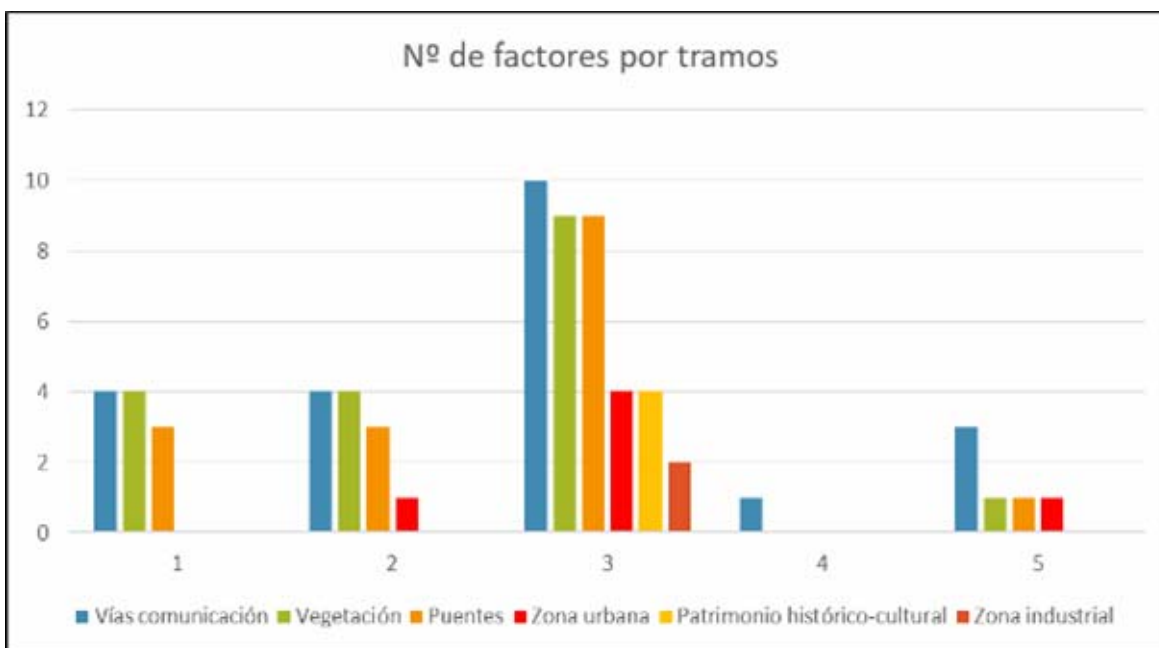


Gráfico 6. Distribución de los diferentes factores por tramos. Elaboración propia.

Con la distribución de los diferentes factores en los tramos, se puede observar que hay una acumulación en el tramo 3, que se relaciona con un mayor número de puntos conflictivos en este tramo. Esto está relacionado principalmente con la zona urbana que atraviesa el barranco, que produce una mayor exposición social ante el peligro.

También se puede destacar la relación que tienen las vías de comunicación, los puentes y la vegetación. Los dos primeros factores están íntimamente relacionados, ya que muchas vías de comunicación para poder cruzar el barranco lo realizan mediante un puente y, la vegetación, está relacionada con los dos primeros factores ya que si no se controla su crecimiento puede producir en caso de avenida un taponamiento en el ojo del puente que haga que la corriente pase por encima del mismo afectando de esta forma a la vía de comunicación.

Con el análisis realizado, se establece que el estado de la cuenca presenta un gran número de problemas derivados principalmente por la antropización del mismo, encontrando los mayores conflictos en la zona urbana cercana al barranco, ya que producirán una influencia en la dinámica natural del cauce (Anexo I, Mapa 5 y 6).

12. Infraestructura Verde urbana.

La infraestructura verde tiene como objetivos dar servicios relacionados con la naturaleza de manera planificada en zonas urbanas. Este tipo de medidas son, a diferencia de las soluciones de ingeniería civil tradicional, mucho más baratas y sostenibles. Hay que destacar también que aportan ventajas en la calidad de vida de la sociedad donde se implantan. Por ejemplo, ayudan a mitigar los efectos negativos de las olas de calor en verano, aportan beneficios para la salud y el medio ambiente, crean puestos de trabajo, y hacen de las ciudades lugares más atractivos para vivir y trabajar.

Este concepto fue institucionalizado en el año 1999 en EEUU por el Servicio de Bosques que tenía como intención establecer una red que conectara corredores ecológicos con espacios protegidos. Con los años el concepto ha ido evolucionando y obteniendo un significado más amplio.

A nivel europeo, el 6 de mayo de 2013 la Comisión Europea lanza la Comunicación al Parlamento Europeo, al Consejo, al Consejo Económico y Social Europeo (CESE) y al Comité de las Regiones (CoR) titulada “Infraestructura verde: mejora del capital natural de Europa” (COM(2013) 249 final) que tiene como objetivos la valorización de espacios naturales en la Ordenación del Territorio y ayudar a la realización de políticas europeas relacionadas con la agricultura, la naturaleza o la mitigación del cambio climático entre otras.

Para la implantación de la infraestructura verde, la Comisión europea junto con el Banco Europeo de Inversiones (BEI) destina fondos para financiar este tipo de infraestructuras. Además, también ha solicitado a cada estado la realización de cartografía de los servicios de infraestructura verde que hay en su territorio y del estado en el que se encuentran.

A nivel estatal de España, la Infraestructura verde se ha tenido en cuenta pero sin atender el carácter global que tiene el territorio. No será hasta el año 2015 cuando se aplique un capítulo entero relativo a la Infraestructura verde con la modificación de la *Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad* tras la aprobación de la *Ley 33/2015, de 21 de septiembre*. El objetivo es establecer las líneas de identificación y conservación de la Infraestructura verde terrestre y marina. De esta forma, se cumple Comunicación de la Comisión Europea al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité económico y social europeo y al Comité de las Regiones, de nominada “*Infraestructura Verde: mejora del capital natural de Europa*”, de 6 de mayo de 2013.

A escala autonómica, se puede encontrar que en la Ley 5/2014, de 25 de julio, de la Generalitat, de Ordenación del Territorio, Urbanismo y Paisaje, de la Comunitat Valenciana; la Infraestructura Verde se convierte en el sistema territorial básico de la

comunidad autónoma, que se desarrolla en el Capítulo I del Título I (La infraestructura verde, el paisaje y la ocupación racional del territorio) del Libro I de Planeamiento.

El planeamiento en España se desarrolla fundamentalmente a nivel municipal a través de los Planes Generales, pero esta forma de planeamiento ha generado problemas ya que cada municipio planea por su cuenta, sin tener en cuenta los municipios limítrofes, por lo que no se tiene una visión global e integrada.

En definitiva, la infraestructura verde debería servir como base para la planificación regional y municipal, para utilizarla como herramienta que ayude a realizar una clasificación de los usos del suelo basándose en criterios ecológicos, económicos y sociales.

12.1. Infraestructura verde a escala periurbana.

Las zonas periurbanas tratan de fenómenos de urbanización dispersa, que se caracteriza por la segregación de las funciones que definen a la ciudad compartiendo un mismo espacio físico urbano; rompiendo de esta manera con el espacio público tradicional de las ciudades.

Por lo tanto, se podría decir que el territorio periurbano es el territorio rural que rodea a las ciudades en el cual se han establecido una población urbana dispersa, la cual no tiene ninguna relación con la actividad rural productiva del medio, es decir, se ha implantado un urbanismo de carácter residencial.

Por el contrario, la definición de infraestructura verde en la escala periurbana, tiende a ser más difusa, debido a que se encontrarán los elementos del paisaje agrario propios de ámbitos de periurbanización difusa y elementos realizados por el hombre de forma intencionada.

Además, según las características urbano-territoriales de los diferentes ámbitos periurbanos, se podrían clasificar de esta manera los siguientes elementos que conforman la infraestructura verde periurbana:

Espacios naturales colindantes

- Áreas naturales no protegidas, de interés para mantener, proteger o restaurar.

Se trata de aquellas zonas, amenazadas por la cercanía de las zonas urbanas, que no han sido alteradas como pueden ser humedales, pastizales, etc.; que debido a no tener una protección específica se les incluye dentro de la planificación urbanística futura.

Por lo tanto, incluirlos en la infraestructura verde resulta imprescindible, ya que estos pequeños espacios de valor natural tienen funciones como la protección de los ecosistemas y de la biodiversidad, como el bienestar social y salud de las personas.

- Territorios agrarios de alto valor paisajístico.

Los paisajes agrarios se han convertido en un elemento de la infraestructura verde periurbana ya que estos espacios que históricamente han sido fuertemente antropizados han constituido un “nuevo paisaje natural”. Estos elementos han sufrido una pérdida de valor debido a los cambios de usos del suelo derivados de la presión urbanística perdiendo de esta forma ese valor paisajístico-agrario-ecosistémico de los paisajes agrarios.

De esta manera, es necesaria una definición de los espacios agrarios para incorporarlos dentro de la Infraestructura Verde periurbana ya que ayudarían al desarrollo de una economía verde y una gestión más eficaz y sostenible del territorio y del agua; además de contribuir a una mayor relación entre los medios rurales y urbanos.

Ámbitos de periurbanización difusa

- Territorios agrarios fragmentados, antropizados y ocupados por uso residencial.

De forma generalizada, se puede observar en los medios rurales parcelas de cultivos abandonados rodeadas de edificaciones residenciales esperando a ser convertidas en una nueva vivienda.

Para poder evitar esta expansión urbanística hay que realizar una protección de los suelos agrarios y realizar una protección de los suelos agrarios y realizar actuaciones que pongan en valor estas parcelas de cultivos para poder convertirlo en elementos semicontinuos en todo el territorio periurbano. Esta puesta en valor se puede realizar de las siguientes maneras:

1. Incentivar cooperativas de alta especialización y agricultura ecológica con mercados locales.
2. Alquilar o comprar parcelas para huertos urbanos.
3. Promover sistemas agrarios sostenibles con alto valor educativo para fomentar la economía verde y la gestión sostenible del territorio.

- Espacios ajardinados propios del uso residencial difuso.

Es importante establecer una normativa que sea adecuada para aprovechar e incorporar elementos de ajardinamiento privado para perseguir un uso del suelo sostenible y un bienestar en la salud de las personas. Las medidas que se pueden establecer son las siguientes:

- Unas cuotas mínimas de arbolado para captar el CO₂.
- Empleo de cubiertas ajardinadas en los tejados de las viviendas.

- Prohibición en las zonas alrededor de las viviendas de pavimentos impermeables.
- Limitar las zonas con pavimentos en el entorno de las viviendas.

Espacios planificados para infraestructura verde

- Parques periurbanos.

Se podría decir, que estos parques constituyen “espacios multi-funcionales que aportan sustanciales servicios de los que se beneficia el conjunto de la ciudadanía: ambientales, económicos y sociales” (CONAMA, 2012, 2). Estas zonas se encuentran cerca del entorno urbano con funciones recreativas y educativas entre otras; junto a la función de protección ambiental.

Sin embargo, por su escasa distancia al medio urbano, o incluso su contacto con el propio medio urbano, se distinguen de las grandes áreas naturales recreativas que forman parte de la infraestructura verde de escala territorial (CONAMA, 2014, 32).

- Anillos verdes, pasillos verdes y corredores ecológicos.

Estos elementos tienen como objetivo el establecimiento de franjas entorno a las zonas urbanas para de esta forma conectar infraestructura verde entre sí o separar porciones de ciudad entre ellas.

Con esto se persigue que determinados tamaños de ciudad tengan de una cantidad de espacio libre y de infraestructura verde disponible.

12.2. Infraestructura verde a escala urbana.

A partir de los años 90 del s.XX las cuestiones ambientales comienzan a tener una gran relevancia en el ámbito de la planificación urbana de las ciudades incorporando en sus planes una mayor conciencia ambiental con planes verdes, de paisaje o de movilidad en los espacios libres.

En la actualidad estos planes urbanos han ido teniendo cada vez un mayor desarrollo con objetivos mucho más ambiciosos como la reducción de gases de efecto invernadero, eficiencia en la utilización del agua y la luz, la adaptación y la resiliencia al cambio climático. Por otro lado, también se está cambiando el diseño urbano, debido a una mayor conciencia ambiental, para impulsar la movilidad urbana sostenible con la realización de itinerarios para la movilidad ciclista y peatonal.

Asimismo, la infraestructura verde urbana tiene una gran importancia en la mejora de la vida y en la salud de las personas que viven en las ciudades. Los beneficios de la infraestructura urbana son los siguientes:

- Las plantas como reguladoras térmicas y filtros de contaminación. Pueden reducir la temperatura entre 2-4°C y reducir un 10-20% de la contaminación. Se calcula que un árbol con 150 m² de superficie foliar absorba 10g de CO₂/día.

- Efectos sobre la salud. El ruido puede producir efectos fisiológicos sobre las personas además de psicológicos. Con la vegetación se consigue mitigar el ruido, además de que cuando se establece una masa forestal densa ayuda a mejorar los estados de ánimo de las personas.
- Beneficios sociales y culturales. Las zonas verdes como los parques favorecen la práctica de deportes al aire libre como el correr o el caminar al igual que ayudan en las relaciones sociales entre personas, en la participación de eventos como fiestas, carreras populares, conciertos, etc.

Los elementos que forman la infraestructura verde suelen ser bastante similares con ciertos matices según el objetivo que se quiera conseguir. Por eso se diferencian entre los que se encuentran en espacios libres o edificados y de carácter público o privado.

TIPOS DE ELEMENTOS INFRAESTRUCTURA VERDE URBANA	
Espacios libres públicos	<ul style="list-style-type: none"> - Parques y jardines urbanos - Plazas - Cementerios, campus y zonas deportivas - Corredores verdes
Espacios libres privados	<ul style="list-style-type: none"> - Patios - Espacios comunitarios
Espacios no convencionales	<ul style="list-style-type: none"> - Huertos urbanos - Bordes de infraestructuras, espacios vacíos o residuales
Espacios edificados	<ul style="list-style-type: none"> - Techados verdes - Fachadas y muros verdes

Tabla 26. Elementos de Infraestructura Verde urbana. CONAMA2014.

13. Medidas mitigadoras del riesgo de inundación.

Las inundaciones en España son una causa que genera problemas de grandes dimensiones produciendo pérdidas con efectos sociales y económicos. La intensificación de avenidas de carácter extraordinario ha generado una inquietud social que ha derivado en la realización de actuaciones en materia de prevención, seguridad y control de las mismas con el fin de reducir sus efectos catastróficos.

En un principio, las avenidas ordinarias no deberían causar ningún efecto negativo ya que todo el territorio que ocupa el cauce más una franja de servidumbre está sujeto a unas restricciones de usos, prohibiendo de esta forma cualquier actividad o construcción fija que puede impedir el discurrir de las aguas.

Lo cierto es que, en el litoral mediterráneo, donde los periodos de retorno son muy cortos y, por lo tanto, su frecuencia es muy elevada, se ha producido una ocupación de los llanos de inundación e incluso de los propios cauces provocando que avenidas con periodos de retorno muy pequeños tengan efectos negativos sobre la población.

Por lo tanto, las medidas mitigadoras principales que tienen como objetivo el aminorar los efectos de las inundaciones se podrían clasificar de la siguiente forma:

- Actuaciones de previsión y control. Sistemas de previsión a corto plazo y del control de la inundación.
 1. Sistemas de predicción meteorológica a medio y corto plazo.
 2. Sistemas de información y predicción hidrometeorológico.
 3. Estrategias de actuación en base a predicciones a corto plazo.
- Actuaciones de protección estructurales. Infraestructuras hidráulicas que tienen como fin modificar el régimen natural o las condiciones de desagüe del cauce con el objetivo de reducir el riesgo de inundación.
 1. Construcción de embalses.
 2. Drenajes, limpiezas y encauzamientos.
 3. Desvíos, trasvases, etc.
 4. Corrección de cuenca y conservación de suelos.
- Actuaciones de emergencia para protección de la población. Sistemas de alarmas, desalojo de poblaciones, etc.

- Realización de normativas para la adaptación al riesgo.

1. Ordenación de los usos del suelo en función del riesgo existente.
2. Sistemas de seguros.

Hay que destacar que esta diferenciación se realiza en base a efectos metodológicos y que todas están fuertemente interrelacionadas entre si y que la eficacia de las mismas dependerá de los planes de coordinación en función de las características físicas, meteorológicas, demográficas, etc. del área afectada por la inundación.

13.1. Medidas estructurales.

Las medidas estructurales de protección son principalmente adoptadas en áreas urbanas, industriales o agrarias. Este tipo de medidas son infraestructuras que exigen una inversión muy elevada para solo prevenir un riesgo como es el de inundación que muchas veces lo que provocan es el efecto contrario, en lugar de disminuirlo, lo aumentan.

Por una parte, hay que destacar la construcción de embalses cuya función reside en la de retrasar o reducir la llegada de la onda de avenida. Se pueden distinguir dos tipos:

- Embalses pasivos. El desagüe es fijo y no hay posibilidad del control de la avenida. Su función es la laminación y el retraso de la onda de avenida. La ventaja de estos embalses es el bajo coste de mantenimiento, pero por otro lado presenta una desventaja y es que pueda aumentar los efectos aguas abajo ya que el retraso de la avenida puede coincidir con puntas en esta zona.

En este trabajo se propone la construcción de dos embalses pasivos, uno situado en el margen izquierdo del barranco donde se encuentra el antiguo camino de Jubalcoy con una superficie de 6.668 m^2 y una capacidad de 20.000 m^3 y otro embalse situado en Atzavares Alt a la altura en que termina el camí del Fideuer con una superficie de 14.638 m^2 y una capacidad de 43.915 m^3 .

- Embalses activos. Permiten minimizar los daños de las inundaciones. La desventaja que presentan es el alto coste a realizar para su construcción.

En el barranco de San Antón, la construcción de embalses activos es inviable ya que no es un curso ni de gran magnitud ni permanente por lo que la inversión económica sería un absurdo. Sí que sería interesante la aplicación de embalses pasivos mediante la recuperación de los antiguos azudes y su sistema de derivación de aguas por boqueras. De esta manera, el agua de avenida podría derivarse hacia balsas de riego y depósitos de aguas pluviales contruidos para el almacenamiento del agua de avenida. Esto serviría para una reducción de la onda de avenida y un aprovechamiento posterior del agua almacenada de lluvia.

A parte de la construcción de embalses, también hay otras actuaciones de carácter estructural. Se pueden dividir de la siguiente manera:

- Correcciones y regulación de cauces. Son actuaciones débiles como limpieza del cauce o desbroce de vegetación existente entre otras, que ayudan a aumentar la capacidad de desagüe del cauce. La eficacia de estas actuaciones es a corto plazo y para avenidas de un periodo de retorno bajo. Para que estas actuaciones funcionen es necesario una inversión continua para poder tener el cauce en condiciones deseables.
- Protección de cauces. Estas actuaciones son consideradas como intermedias y su finalidad es la de impedir la erosión en los márgenes del cauce donde la velocidad provoca el desprendimiento debido a la deslucibilidad de los materiales pudiendo de esta forma provocar el taponamiento y la posterior inundación de los terrenos colindantes. Estas actuaciones se realizarán en pequeños tramos del cauce a su paso por núcleo urbano, puentes o curvas. La protección de cauces se puede observar a lo largo del barranco de San Antón donde, bajo todos los puentes que hay sobre el cauce, se producen refuerzos de los taludes con escolleras, o también en curvas pronunciadas donde el agua impacta contra el talud a gran velocidad.

Hay que destacar que sería conveniente de realizar una actuación de este tipo en la zona de parkings del estadio de fútbol donde se ha producido un estrechamiento del cauce con material de relleno y, por tanto, es inestable y hay riesgo de que se produzca un deslizamiento del terreno.

- Encauzamiento del cauce. Son las obras de protección más costosas además de problemáticas ya que se obliga a las aguas de avenida a discurrir por un cauce estrecho sin posibilidad de desbordamiento lo que provocará un aumento de las velocidades que derivarán en el empeoramiento de la situación tanto aguas arriba como aguas abajo.

En el barranco de San Antón se puede observar el encauzamiento del cauce en dos puntos destacados:

1. En las obras para la realización de la A-7 y la A-70 con un estrechamiento del cauce.
2. La construcción de la EL-20 con derivación de aguas pluviales al barranco con un estrechamiento del barranco.

Hay que destacar que para la realización de actuaciones estructurales el PATRICOVA indica las siguientes pautas:

- Cualquier medida estructural en una zona urbana debe de estar comprendida entre 100 y 500 años de periodo de retorno y en zonas no urbanas deben de estar entre 25 y 100 años de periodo de retorno.

- Se cartografiará la peligrosidad de inundación tras la realización de actuaciones estructurales para el periodo de retorno de hasta 500 años.
- Los encauzamientos cubiertos se permitirán de forma excepcional en tramos urbanos y con un nivel de protección de 500 años de periodo de retorno como mínimo. Para evitar la obstrucción de estos encauzamientos deberá de disponer de un elemento de retención de materiales sólidos.
- Toda actuación estructural tendrá que tener en cuenta la minimización de los daños en caso de desbordamiento. Si esto supone un incremento del riesgo deberá estar reflejado en el planeamiento.

Por otro lado, se puede encontrar la infraestructura verde, que trata de gestionar de forma más rentable y flexible los impactos de las lluvias. Las infraestructuras de drenaje de aguas pluviales tradicionales solo tienen un propósito que es el de alejar las aguas pluviales de las zonas urbanas mediante una tubería o sistemas de tratamiento aguas, la infraestructura verde lo que pretende es reducir y tratar las aguas pluviales y ofrecer beneficios ambientales, sociales y económicos (Anexo I, Mapa 8).

- Cubiertas vegetales. En los bungalows, chalets o bloques de viviendas, instalar sistemas multicapa con cubierta vegetal en tejados o terrazas. Esto ayudaría a retener las aguas pluviales produciendo una disminución de la escorrentía y del caudal punta.



Imagen 16. Cubierta vegetal en azoteas. Fuente: <https://www.bcn.cl/observatorio/europa/noticias/techos-verdes-en-ciudades-de-europa>

- Superficies permeables. Realizar pavimentos cerca del barranco que den la posibilidad que el agua se infiltre en el terreno y pueda ser captada en capas sub-superficiales para su reutilización. Este tipo de superficies podrían ser:
 1. Césped o gravas.
 2. Bloques que sean impermeables pero que sus juntas no lo sean.
 3. Baldosas porosas.
 4. Pavimentos porosos.

En este trabajo se propone realizar de asfalto poroso las carreteras del Camí de Fideuer y el antiguo camino de Jubalcoy con un total de 7.452,21 m² de superficie, ya que absorbería una gran cantidad de agua de lluvia y de escorrentía basándose en la tesis doctoral *“Análisis de la infiltración de agua de lluvia en firmes permeables con superficies de adoquines y aglomerados porosos para el control en origen de inundaciones”* realizada por Luis Ángel Sañudo Fontaneda en el año 2014 en la Universidad de Cantabria, quien determina que, utilizando un geotextil denominado OASIS® tiene una capacidad de absorción de 71l/m² en 42,75 minutos en una precipitación con una intensidad de 100 mm/h, es decir, en una hora se absorbería 99,6 l/m² que con la superficie que se propone cubrir se retendría 742.606,19 litros de agua.



Imagen 17. Pavimento permeable. Fuente. <https://www.epa.gov/green-infrastructure/what-green-infrastructure>

- Parques inundables. Se trata de una superficie cuya función consiste que cuando un cauce vea sobrepasada su capacidad, el parque comience a

inundarse de forma controlada. Además, este espacio urbano debe de servir como un lugar donde se puedan desarrollarse actividades culturales y lúdicas de la población.

En este trabajo se propone construir dos parques inundables, uno en los descampados situados en la zona del estadio junto al barranco, el cual tendría alrededor de una superficie de 34.000 m^2 con una capacidad de 68.210 m^3 (capacidad similar a la del parque inundable de La Marjal de Alicante) y otro en la zona urbana cercana a la carretera EL-20, con una superficie de 15.000 m^2 con una capacidad de 29.997 m^3 .



Imagen 18. Parque inundable "La Marjal". Fuente: Ayuntamiento de Alicante (<http://www.alicante.es/es/equipamientos/parque-marjal>).

- Franjas de vegetación. Franjas de vegetación situadas entre la superficie impermeable y el barranco. Esto ayudará a la sedimentación y la retención de contaminantes arrastrados por el agua al igual que una disminución de la escorrentía.

Esta medida se propone implantarse en el margen izquierdo del barranco, un primer tramo que comprende desde el puente de la N-340 hasta el puente de la Av. José Esquitino Sempere con una superficie de 3.443 m^2 , un segundo tramo que va desde el puente de la calle Alcalde Juan Hernández Rizo y la acequia (III) con una superficie de 4.567 m^2 y un tercer tramo que iría desde el puente de la Av. de l'Altet hasta el puente de la carretera EL-20 con una superficie de 1.688 m^2 .



Imagen 19. Franjas de vegetación junto al río Ebro. Fuente: <https://www.heraldo.es/noticias/aragon/zaragoza-provincia/zaragoza/2017/12/01/zaragoza-premiada-por-conservacion-infraestructura-verde-1211508-301.html>

- Drenes filtrantes. Este tipo de medida va combinada con las franjas de vegetación ya que esta tipología de infraestructura verde consiste en la realización de franjas poco profundas rellenas con material filtrante con un conducto inferior. La intención de esta medida es la de filtrar la escorrentía y transportarla algún depósito de aguas pluviales. Todo este sistema ayudaría a la infiltración y la laminación de los volúmenes de escorrentía.



Imagen 20. Drenes filtrantes en la zona urbana. Fuente: <https://www.epa.gov/green-infrastructure/what-green-infrastructure>

- Árboles en el tramado urbano. Los árboles con sus ramas y sus hojas interceptan las aguas pluviales reduciendo y ralentizando la escorrentía. Para esta medida se puede dejar participar a los propietarios de viviendas cercanas en la plantación y el mantenimiento de los árboles plantados.



Imagen 21. Zona urbana arbolado en Zaragoza. Fuente:
http://www.barriodelpilar.com/news/2013071602_duracion_semaforos_avenida_ilustracion.htm

- Cajas de macetas. Una política activa de implantación de maceteros en las calles que recojan y absorban la escorrentía que se produce en las calles. Sirve para zonas urbanas densas, además de un elemento de decoración.



Imagen 22. Calle con cajas de macetas. Fuente: <https://www.mundidiario.com/articulo/economia/conoce-mejor-forma-promover-infraestructura-verde-ciudades/20170803161411096422.html>

- Jardines. Establecer zonas de jardines alrededor de los bloques de viviendas, urbanizaciones, etc. que recojan y absorban la escorrentía procedente de los tejados, las aceras y las calles.



Imagen 23. Zonas urbanas con jardines. Fuente: <https://enriqueruz.com/2016/11/30/seis-premisas-para-la-ciudad/>

- Aljibes. Instalar sistemas de recolección de aguas pluviales en casas o en bloques de viviendas. Esto hará que se reduzca la velocidad y el nivel de escorrentía, además de que se puede utilizar como una fuente de agua potable.



Imagen 24. Cisterna en edificio para el aprovechamiento de agua de lluvia. Fuente: <https://www.epa.gov/green-infrastructure/what-green-infrastructure>

- Derivación de bajantes. Esta medida trata de reconducir las bajantes de las azoteas hacia cisternas o áreas permeables para que las aguas pluviales se infiltren en el suelo.



Imagen 25. Derivación de bajante a zona de jardines. Fuente: <https://www.epa.gov/green-infrastructure/what-green-infrastructure>

Hay que destacar que las medidas hacia donde se están dirigiendo en cuanto al riesgo de inundación en la Unión Europea son las llamadas “tipo verde” por lo que la Infraestructura verde sería una gran forma de poder luchar contra la inundación en el barranco de San Antón con soluciones que puedan favorecer el desarrollo urbano de la ciudad sin provocar un aumento de la peligrosidad con un respeto al medio ambiente.

13.2. Medidas no estructurales.

Las medidas no estructurales son todas aquellas soluciones adoptadas que no suponen una modificación física del barranco ni de su entorno más próximo.

Como primera medida no estructural se puede destacar los sistemas de previsión y alarma de avenidas que consisten en la anticipación del conocimiento de los flujos que se prevén para una avenida con el objetivo de poder adoptar medidas para el control de la misma, así como la gestión de la emergencia. La eficacia de estos sistemas dependerá lógicamente del periodo de anticipación de la avenida y la calidad de las previsiones.

Los sistemas tradicionales que hay en España son los relacionados con la predicción meteorológica de carácter genérica y con poca precisión ya que las series de datos extremos son cortas.

Las mediciones meteorológicas se realizarán en puntos definidos mediante pluviómetros, estaciones de aforo, etc., serán transmitidas por radio o por telefonía a los centros de control. Con la información se intenta establecer previsiones de la evolución del caudal en los diferentes tramos del río.

El problema radica cuando la cuenca es pequeña en extensión y longitud. En estos casos la avenida es pequeña y la posibilidad de poder anticiparse es casi nula.

Por lo tanto, la necesidad de anticiparse a las avenidas ha hecho que se implanten técnicas que permitan conocer los valores de los datos meteorológicos e hidráulicos en tiempo real.

Estos sistemas disponen a su vez de radares meteorológicos que junto al S.A.I.H. (Sistema Automático de Información Hidrológica) ayudan a prever avenidas extraordinarias.

Todos estos sistemas podrían combinarse para la transmisión de posibles alertas mediante el uso de aplicaciones de móvil, redes sociales o SMS que avisen a la población cercana del peligro existente.

Por otro lado, otra metodología es la adopción de normativas que ordenen y regulen los márgenes de los cursos fluviales estableciendo prohibiciones y restricciones de usos del suelo en el entorno de los mismos.

La Ordenación del Territorio parte del principio de que todo espacio geográfico sobre la superficie terrestre está organizado. Los grupos sociales que se han establecido en él lo han dotado de un sistema de relaciones en el que se fundamenta el propio desarrollo de esa sociedad.

Los procesos de ordenación del territorio implican tres fases. Una primera, de carácter jurídico que supone la redacción de un texto legal donde se definen los principios, objetivos e instrumentos de la ordenación territorial; a continuación, se lleva a cabo la fase de planificación en sentido estricto que incluye la redacción de un programa o plan territorial con el nuevo modelo a aplicar. Por último, se lleva a cabo dicho plan que culmina, al menos en el plano teórico, con la transformación de la realidad territorial de acuerdo con lo establecido en la fase anterior.

Tanto la legislación nacional del suelo, como la Ley de Bases del Régimen Local o las leyes del suelo promulgadas en la Comunidades autónomas reconocen que es el municipio (escala local) la entidad territorial que ejerce competencia en la ordenación, gestión, ejecución y disciplina urbanísticas.

El objetivo principal de un proceso de ordenación urbanística que se desarrolle desde un municipio, es decir, de la elaboración de un planeamiento urbanístico municipal, es la clasificación del suelo. La legislación del suelo (estatal y autonómico) distingue 3 categorías de suelo:

- Suelo urbano: que es el territorio del término municipal que tiene edificación consolidada o en vías de consolidación
- Suelo no urbanizable o suelo rústico: que integra aquellos terrenos sometidos a un régimen especial de protección, bien por sus valores paisajísticos, históricos, arqueológicos, científicos, ambientales o culturales, bien por estar sometidos a riesgos naturales acreditados en el planeamiento sectorial o bien aquellos que tienen valor agrícola, forestal, ganadero o por tener riquezas naturales.
- Suelo urbanizable: que comprende el territorio que puede urbanizarse. Se configura legalmente como una categoría residual, es decir, se considera urbanizable aquel territorio que en un término municipal no está incluido en ninguna de las dos categorías anteriores.

Una vez clasificado el suelo, se procede a la calificación del mismo, es decir, se asignan categorías a cada una de las tres clases de suelo establecidas en el territorio. Así, el suelo urbano puede ser de tipo residencial de alta densidad o de baja densidad, comercial, de ocio (espacios verdes); el suelo no urbanizable puede ser de protección o común. Los planos de clasificación y calificación del suelo son una pieza básica en la documentación de los Planes Generales de ordenación de escala municipal.

También se procederá a fomentar la aplicación de otras medidas complementarias, como el desarrollo de una política activa de seguros frente a las inundaciones, la realización de planes de señalización de las zonas inundables, y los programas de información y de educación de la población, entre otras.

14. Planificación de la emergencia.

La planificación de la emergencia consiste en dar una respuesta rápida y coordinada en caso de que se produzca una avenida de gran magnitud para poder salvaguardar bienes e inmuebles y sobre todo para prevenir pérdidas de vidas humanas.

En primer lugar, se procederá al aviso de la población mediante redes sociales, SMS o WhatsApp del peligro inminente que se puede producir en el barranco de San Antón.

En segundo lugar, se realizará el desalojo de población de aquellas zonas afectadas con una mayor dificultad de salvaguardarse de la avenida debido a la alta exposición que sufren ante la misma, además también se procederá al corte de carreteras y caminos afectados por el barranco para impedir la circulación por ellos (Anexo I, Mapa).

Por tanto, respecto a las zonas urbanas e industriales que habría que desalojar a la población serían los siguientes puntos:

- Conjunto de viviendas frente al Camí de l'Olmet.
- Complejo industrial Forms and Design In Shower Tray, SL.
- Polígono industrial de Altabix en Mesalina.
- Gasolinera BP junto a N-340, en el margen izquierdo del barranco.
- Complejo Ipadel Elche en C/Algorfa, en el margen izquierdo del barranco.
- C.P. Princesa de Asturias.
- Zona residencial junto al barranco en la Av. De l'Altet.
- Bloques de viviendas junto a EL-20.
- Casas de campo junto al barranco entre la EL-20 y la CV-865 (Tramo 4).
- Conjunto de viviendas en el entorno del camí del Fideuer, Atzavares Alt (Tramo 5).

En cambio, las zonas residenciales que solamente se debe realizar un aviso para que la población no saliera de sus casas hasta que el aviso sea el de que la zona ya es segura. Esto es debido a que son bloques de viviendas con una cierta altura considerable o que se encuentran lo suficiente alejados del cauce. Los puntos son los siguientes:

- Urbanización Bonavista.
- Gasolinera Camino de Castilla.

- Restaurante Nou Castilla.
- Ilibike Bar Sede.
- Bloques de edificios en el margen derecho del barranco en Av. José Esquitino Sempere.
- Bloques de edificios enfrente del parking del estadio de futbol.
- Bloques de edificios junto al antiguo Camino del Travalón en el margen derecho del barranco.

Una vez expuestas las zonas de aviso y de desalojo respecto a zonas urbanas e industriales, se indican las carreteras, calles y caminos en los que habría que cortar la circulación en caso de avenida:

- Carretera Camino de Castilla (CV-8501).
- Vía pecuaria Camí del Molí Nou.
- Camino junto Azud de Bernía.
- Camí de l'Olmet.
- Corte vía del tren cercanías Murcia-Alicante.
- Camino de Jubalcoy.
- Av. José Esquitino Sempere.
- Antiguo Camino del Travalón.
- Calle Alcalde Juan Hernández Rizo.
- Avenida de l'Altet.
- Unión calle José Climent Vicente con calle Matilde Salvador Segarra.
- Unión Av. del Travalón con calle Matilde Salvador Segarra.
- Unión calle Patricio Falcó con Av. de l'Altet.
- Unión calle Patricio Falcó con calle María Belmonte.
- Camí de Fideuer.
- Unión camí de Fideuer con CV-865.
- Unión Canal del Progrés con CV-865.

Con estas actuaciones se conseguiría gestionar la emergencia para poder evitar, de esta forma, consecuencias muy graves en caso de que se produjera una gran avenida, sobre todo respecto a la posible pérdida de vidas humanas. Para la realización de estas tareas se necesitará una coordinación y comunicación entre los diferentes cuerpos de seguridad tanto de ámbito nacional, autonómico y local.

15.Conclusiones.

El riesgo natural consiste en la probabilidad de que un territorio o sociedad puedan ser afectados por un evento natural de carácter extraordinario. Se podría decir que el riesgo es el resultado de la conjunción del peligro natural con la exposición y la vulnerabilidad existente en un territorio dado.

En la última década del s.XX y principios de s.XXI, en España se ha producido un aumento de la exposición ante el peligro natural generando de esta manera espacio y sociedades más vulnerables.

Este aumento de la exposición, como se ha podido comprobar, se ha producido también en el barranco de San Antón generando espacios de riesgo que podrían afectar a un gran número de población. De esta manera se ha realizado un estudio minucioso del comportamiento del mismo para poder gestionar y establecer medidas para mitigar los efectos del riesgo de inundación. Esta acentuación de la exposición en el entorno del barranco se ha podido comprobar con los siguientes resultados:

- Pérdida de cauce por la ocupación del suelo
- Cuenca vertiente usos impermeables con una pérdida del 36% de suelo rural.
- Reconocimiento de 27 puntos conflictivos.

La solución principal para los casos de riesgo de inundación tiene que venir dada principalmente por una buena Ordenación del Territorio que evite espacios de peligro y no ocupar lugares por donde debe discurrir la escorrentía como puede ser el propio cauce del barranco. A parte de la Ordenación del Territorio, también se ha optado por la realización de soluciones enfocadas en:

- La Infraestructura Verde Urbana. Se prevé retener 144.122 m³
- Sistemas de alerta.
- Sensibilización sobre el riesgo de inundación a la población que pueda resultar afectada.

De esta forma, el conocimiento de estos riesgos es fundamental y necesario en cualquier municipio; en el caso de Elche ninguno de sus barrancos tiene realizado un estudio que reduzca y minimice los daños que pueda provocar el riesgo de inundación. Este trabajo puede servir para comprender que un barranco de unas dimensiones medias que puede pasar desapercibido para la población e incluso resultar totalmente desconocido puede conllevar un peligro enorme.

16. Bibliografía.

- GIL OLCINA, Antonio; OLCINA CANTOS, Jorge; RICO AMORÓS, Antonio M. (2004): *Aguaceros, aguaduchos e inundaciones en áreas urbanas alicantinas*. San Vicente del Raspeig (Alicante), Publicaciones Universidad de Alicante.
- MORALES GIL, Alfredo. GIL OLCINA, Antonio, (eds.) (1989): *Avenidas fluviales e inundaciones en la cuenca del Mediterráneo*. Alicante, Instituto Universitario de Geografía de la Universidad de Alicante, Caja de Ahorros del Mediterráneo.
- OLCINA CANTOS, Jorge (1995): *Episodios meteorológicos de consecuencias catastróficas en tierras alicantinas (1900-1965)*”, Alicante, Institut de cultura Juan Gil-Albert (Diputació Porvincial d’Alacant).
- OLCINA CANTOS, Jorge (1994): *Riesgos Climáticos en la Península Ibérica*”, Alicante, Pentalon.
- OLCINA CANTOS, Jorge (2006): *¿Riesgos naturales? I Sequías e Inundaciones*, Alicante, Da Vinci.
- ALEDO, A., SULAIMAN, S. (2015): *La incuestionabilidad del riesgo: vulnerabilidad social y riesgo sísmico en municipios turísticos*”, San Vicente del Raspeig (Alicante).
- GOZALVEZ PEREZ, Vicente (1976): *“La ciudad de Elche”*, Valencia, Departamento de Geografía. Universidad de Valencia.
- AYALA CARCEDO, Francisco Javier. OLCINA SANTOS, Jorge. LAÍN HUERTA, Luis. GONZÁLEZ JIMÉNEZ, África (2006): *Riesgos naturales y desarrollo sostenible. Impacto, predicción y mitigación*, Madrid, Instituto Geológico y Minero de España.
- AYALA CARCEDO (coord.) (1985): *Geología y prevención de daños por inundaciones*, Madrid, Instituto Geológico y Minero de España.
- GARCIA, Alfredo. SOLER, Vicente, (2007): *Les plantes del Baix Vinalopó*”, Alicante, Institut d’ Estudis Comarcals del Baix Vinalopó.
- ALEDO, Alfredo y DOMINGUEZ, Jose Andrés. (2001). Sociología Ambiental. Granada. Grupo Editorial Universitario. Cap II. TEORÍA PARA UNA SOCIOLOGÍA AMBIENTAL.
- JOVER MAESTRE, Francisco Javier. TORREGROSA GIMÉNEZ, Palmira. GARCÍA ATIÉNZAR, Gabriel (2014): *El Neolítico en el Bajo Vinalopó (Alicante, España)*, Alicante.
- MATARREDONA COLL, Enrique (2004): *Cartografía de las asociaciones edáficas del Baix Vinalopó*, Alicante, Biblioteca Virtual Miguel de Cervantes, pp.97-127.
- RAMOS RIBEIRO, Rodrigo Rudge. OLCINA CANTOS, Jorge. MOLINA PALACIOS, Sergio, (2014): *Análisis de la percepción de los riesgos naturales en la Universidad de Alicante*, Alicante, Nº 61, pp. 147-157.
- SAÑUDO FONTANEDA, Luis Ángel (2014): *Análisis de la infiltración de agua de lluvia en firmes permeables con superficies de adoquines y aglomerados porosos para el control*

en origen de inundaciones (Tesis doctoral), Santander, Universidad de Cantabria, España.

PRIETO CERDÁN, Antonio. GARCÍA BOTELLA, Estela (2017): *Incorporación de la peligrosidad de inundación a la infraestructura verde de la Comunitat Valenciana a escala municipal: el caso del Plan General Estructural de Monòver (Alacant)*, Madrid, XXV CONGRESO DE LA AGE. 50 AÑOS DE CONGRESOS DE GEOGRAFÍA. Naturaleza, territorio y ciudad en un mundo global.

LUX CARDONA, Benjamín (2016): *Conceptos básicos de Morfometría de Cuencas Hidrográficas*, Cursante de Maestría en Energía y Ambiente, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.

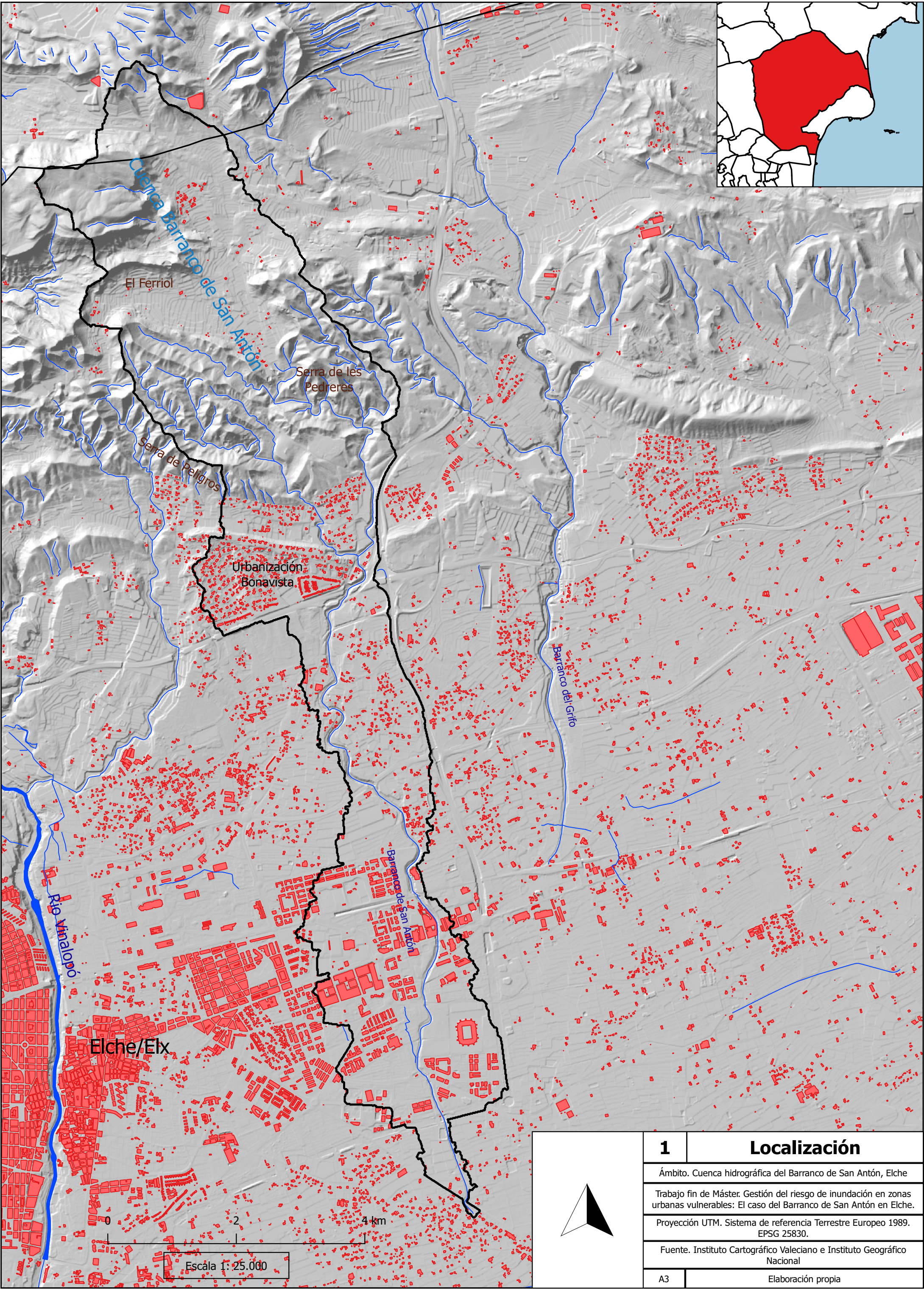
CONAMA2014, “GT-4 Infraestructuras verdes urbanas y periurbanas”, Madrid. 2014.

Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos.

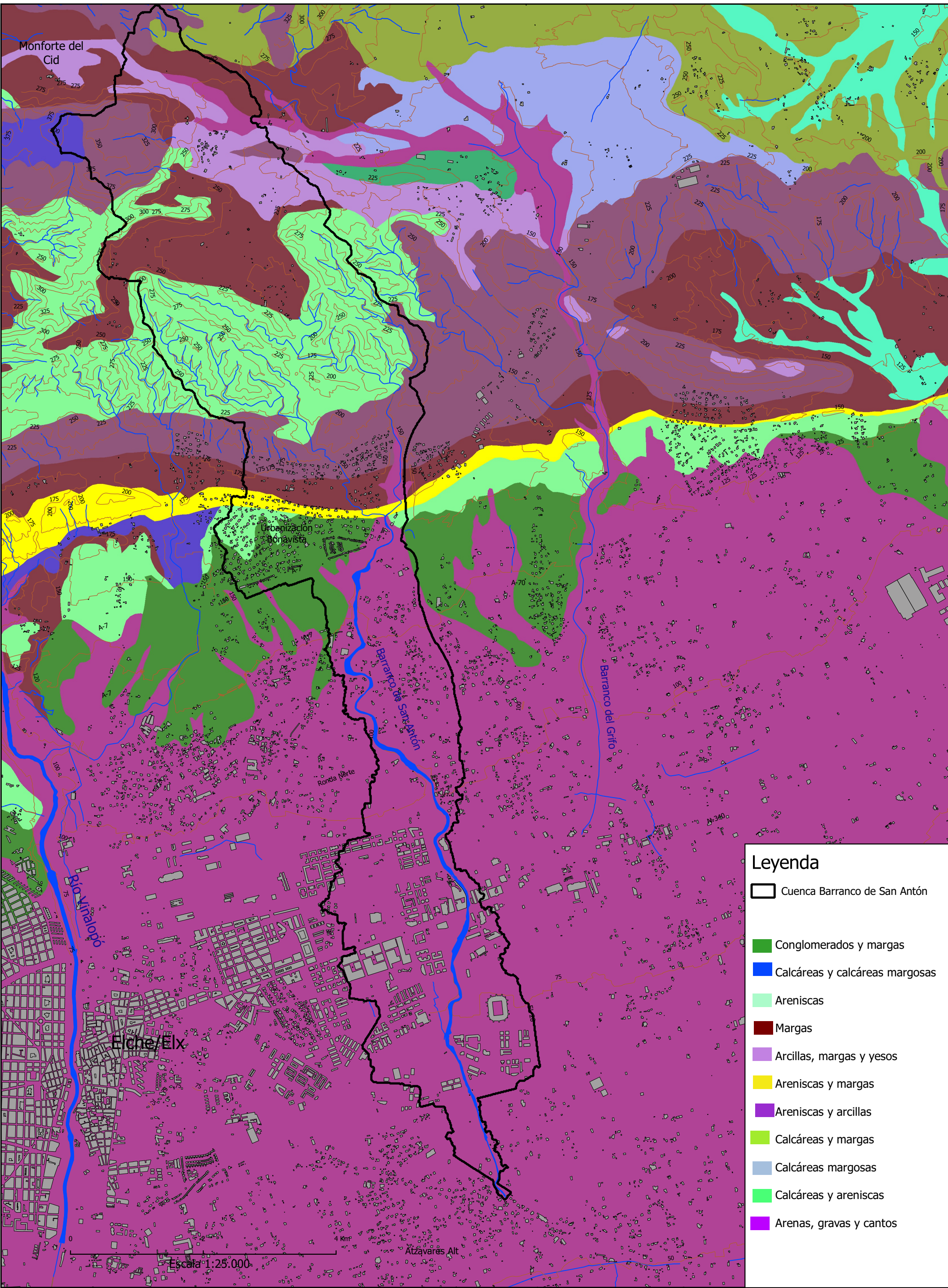
<https://www.epa.gov/green-infrastructure/what-green-infrastructure> [Consulta: 14 de junio de 2018]

Anexo I

Cartografía



1	Localización
Ámbito. Cuenca hidrográfica del Barranco de San Antón, Elche	
Trabajo fin de Máster. Gestión del riesgo de inundación en zonas urbanas vulnerables: El caso del Barranco de San Antón en Elche.	
Proyección UTM. Sistema de referencia Terrestre Europeo 1989. EPSG 25830.	
Fuente. Instituto Cartográfico Valenciano e Instituto Geográfico Nacional	
A3	Elaboración propia



Leyenda

Cuenca Barranco de San Antón

Conglomerados y margas

Calcareas y calcareas margosas

Areniscas

Margas

Arcillas, margas y yesos

Areniscas y margas

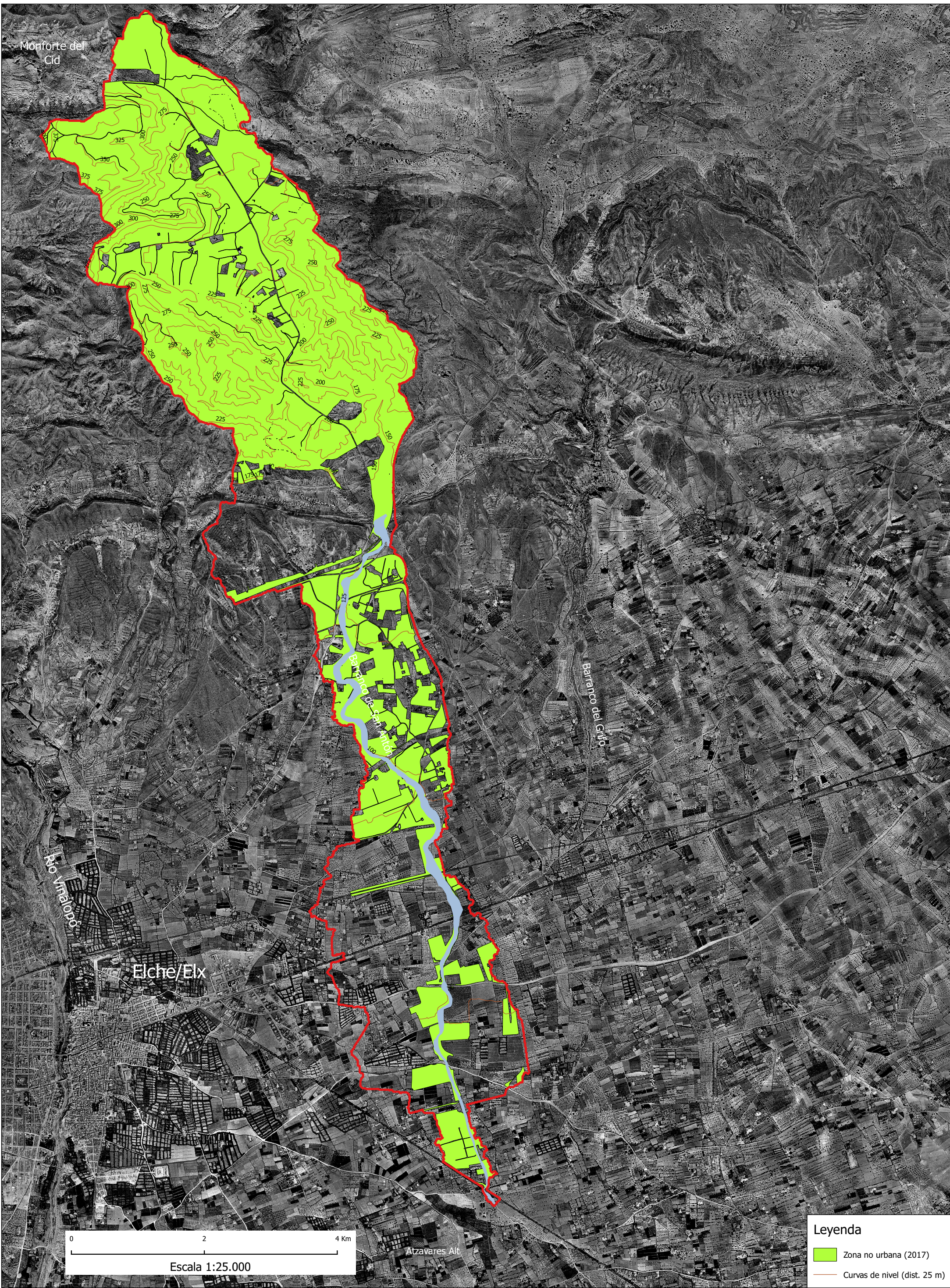
Areniscas y arcillas

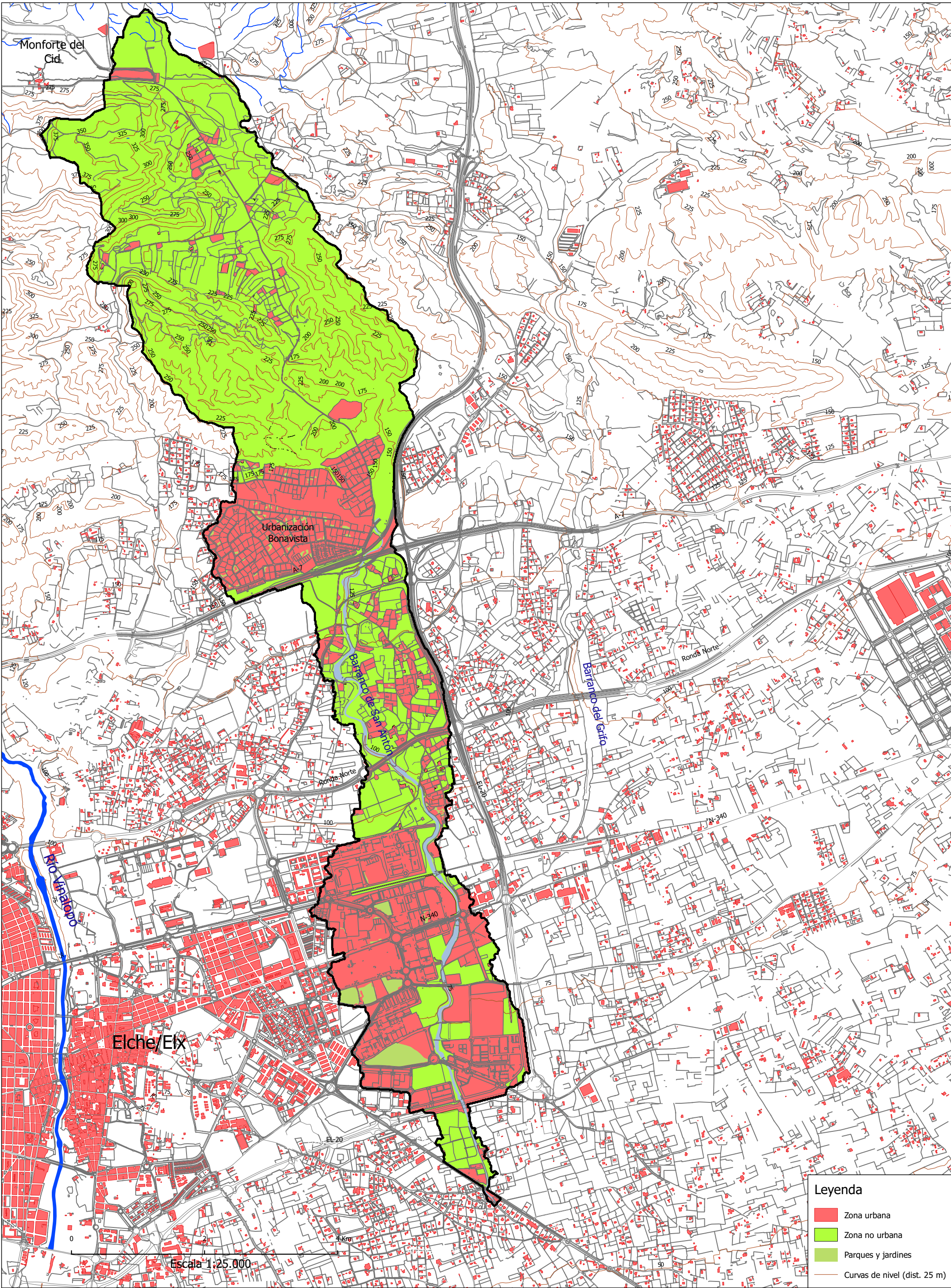
Calcareas y margas

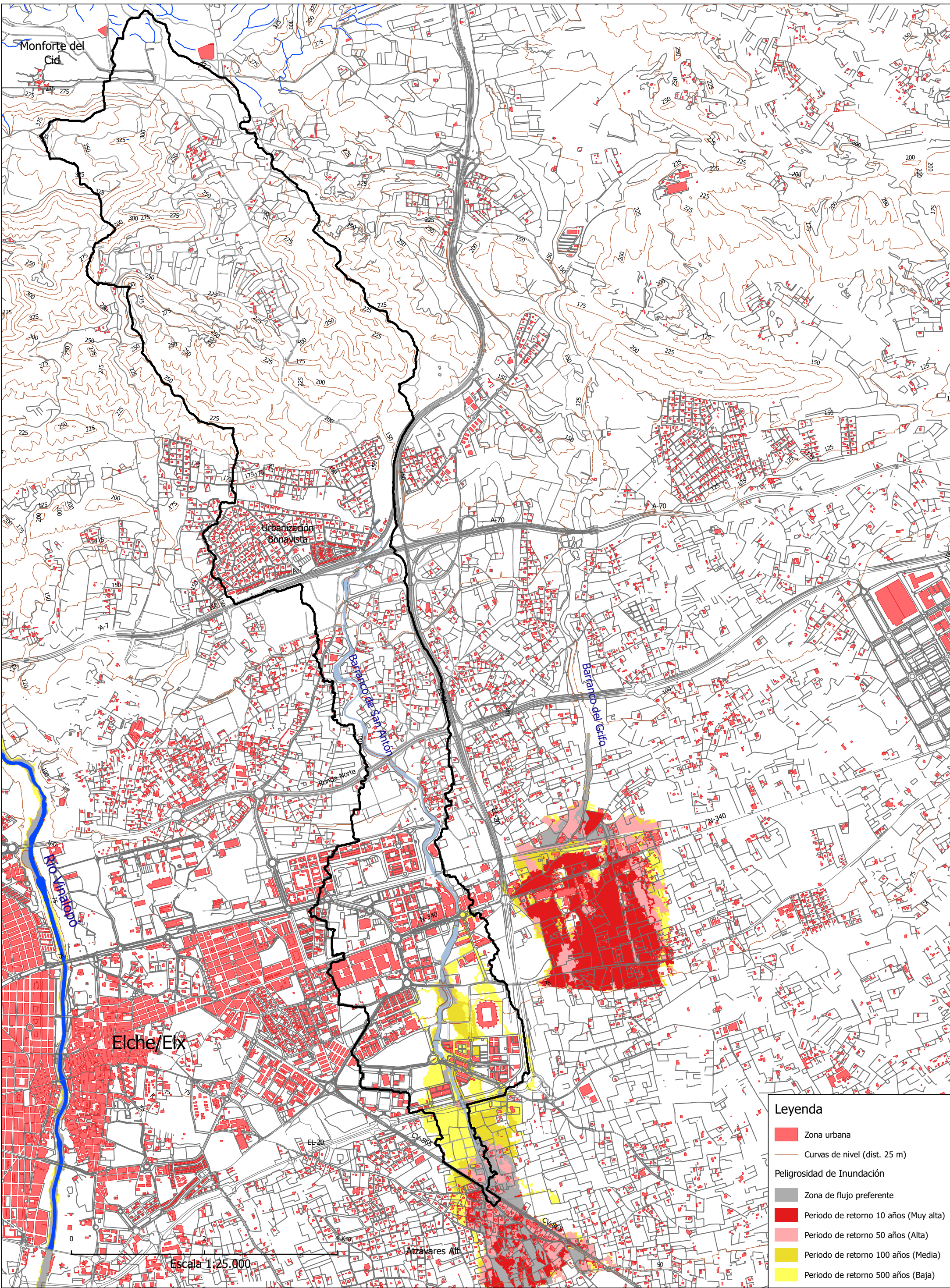
Calcareas margosas

Calcareas y areniscas

Arenas, gravas y cantos







Leyenda

- Zona urbana
- Curvas de nivel (dist. 25 m)
- Peligrosidad de Inundación
 - Zona de flujo preferente
 - Periodo de retorno 10 años (Muy alta)
 - Periodo de retorno 50 años (Alta)
 - Periodo de retorno 100 años (Media)
 - Periodo de retorno 500 años (Baja)

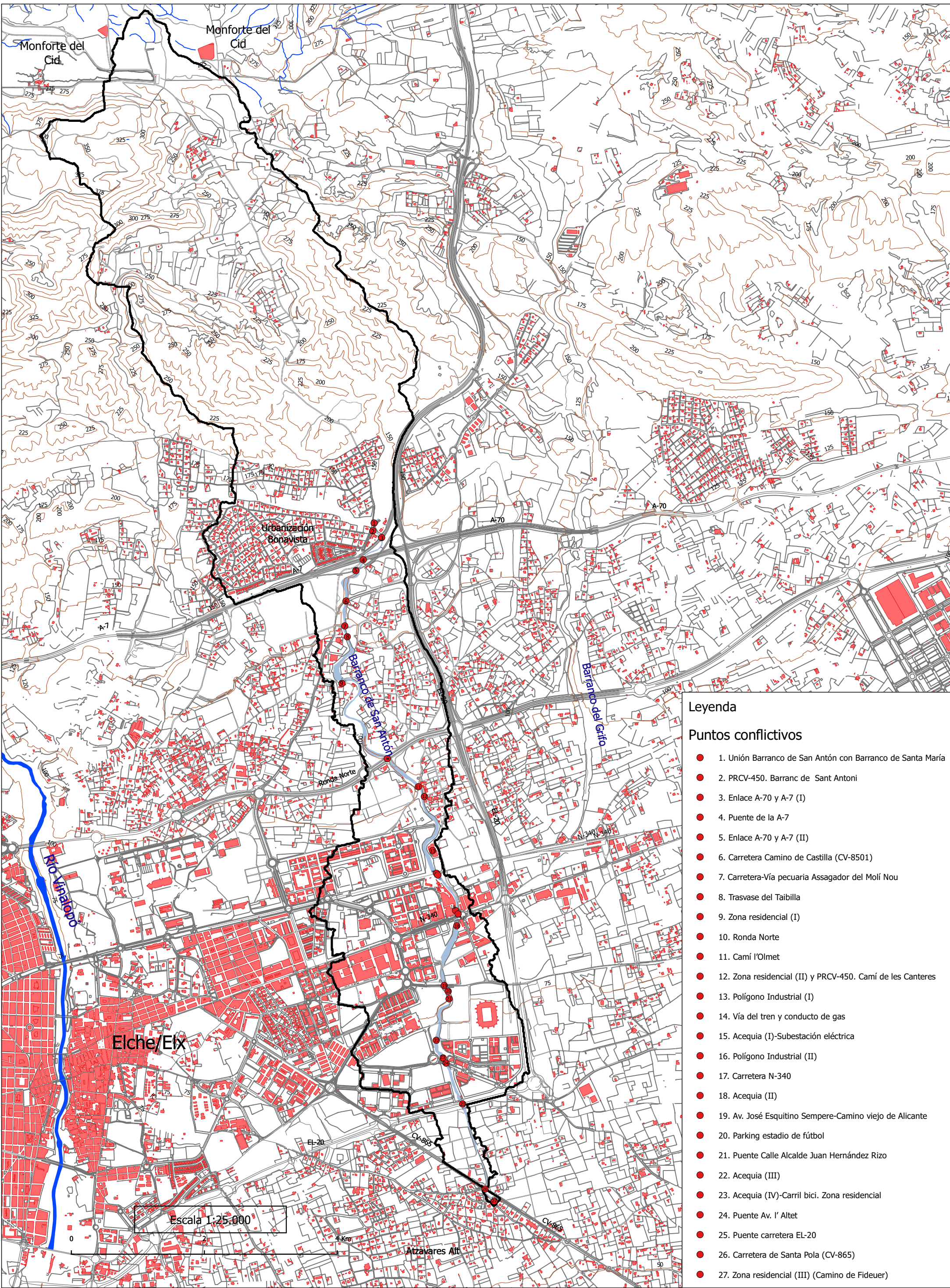


Proyección UTM. Sistema de referencia Terrestre Europeo 1989. EPSG 25830. Fuente. Instituto Cartográfico Valenciano, Instituto Geográfico Nacional y Ministerio de agricultura, pesca y alimentación (MAPAMA)

Ámbito. Cuenca hidrográfica del Barranco de San Antón, Elche. Elaboración propia. A3.

Peligrosidad de inundación (SNCZI)

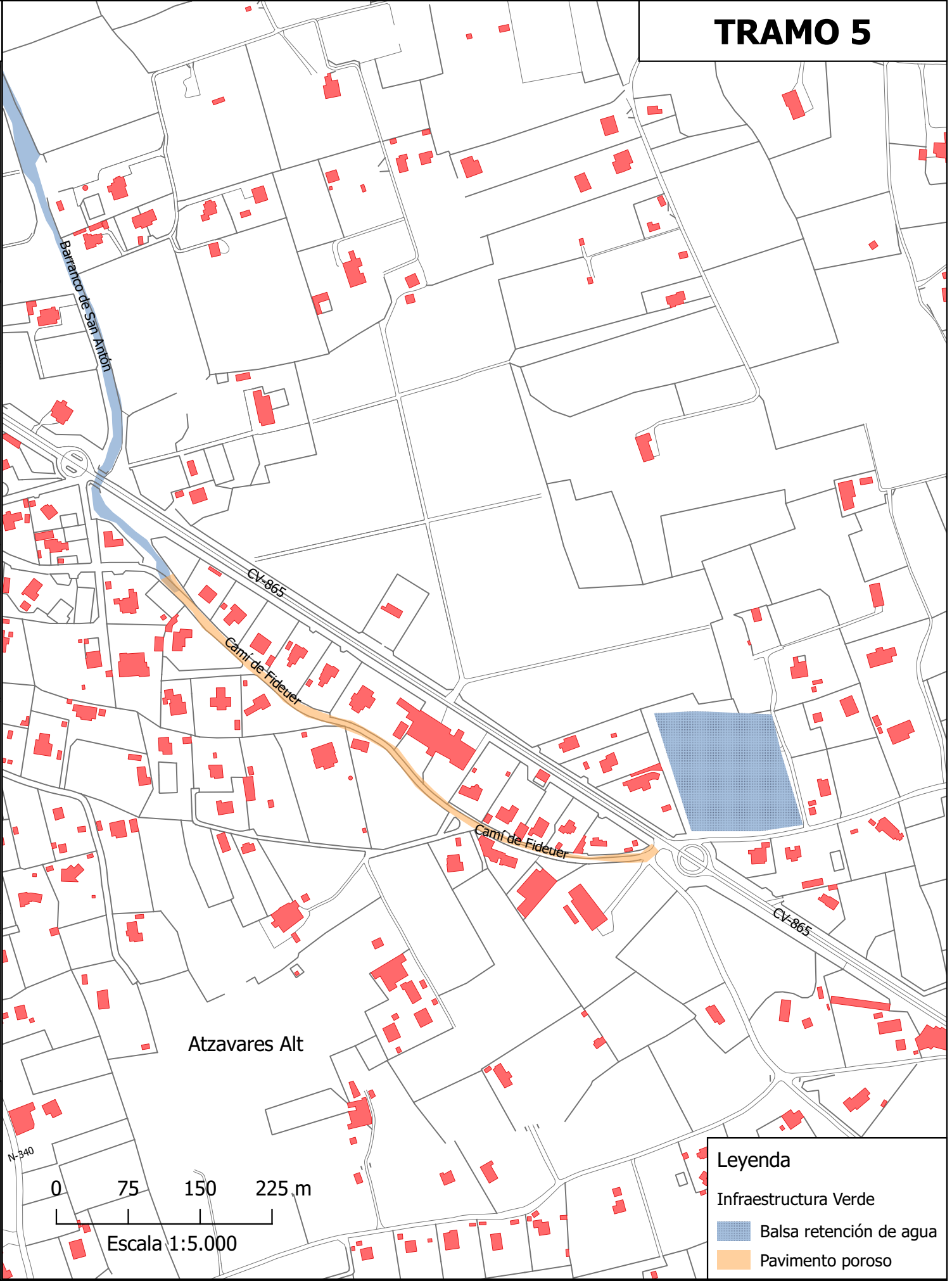
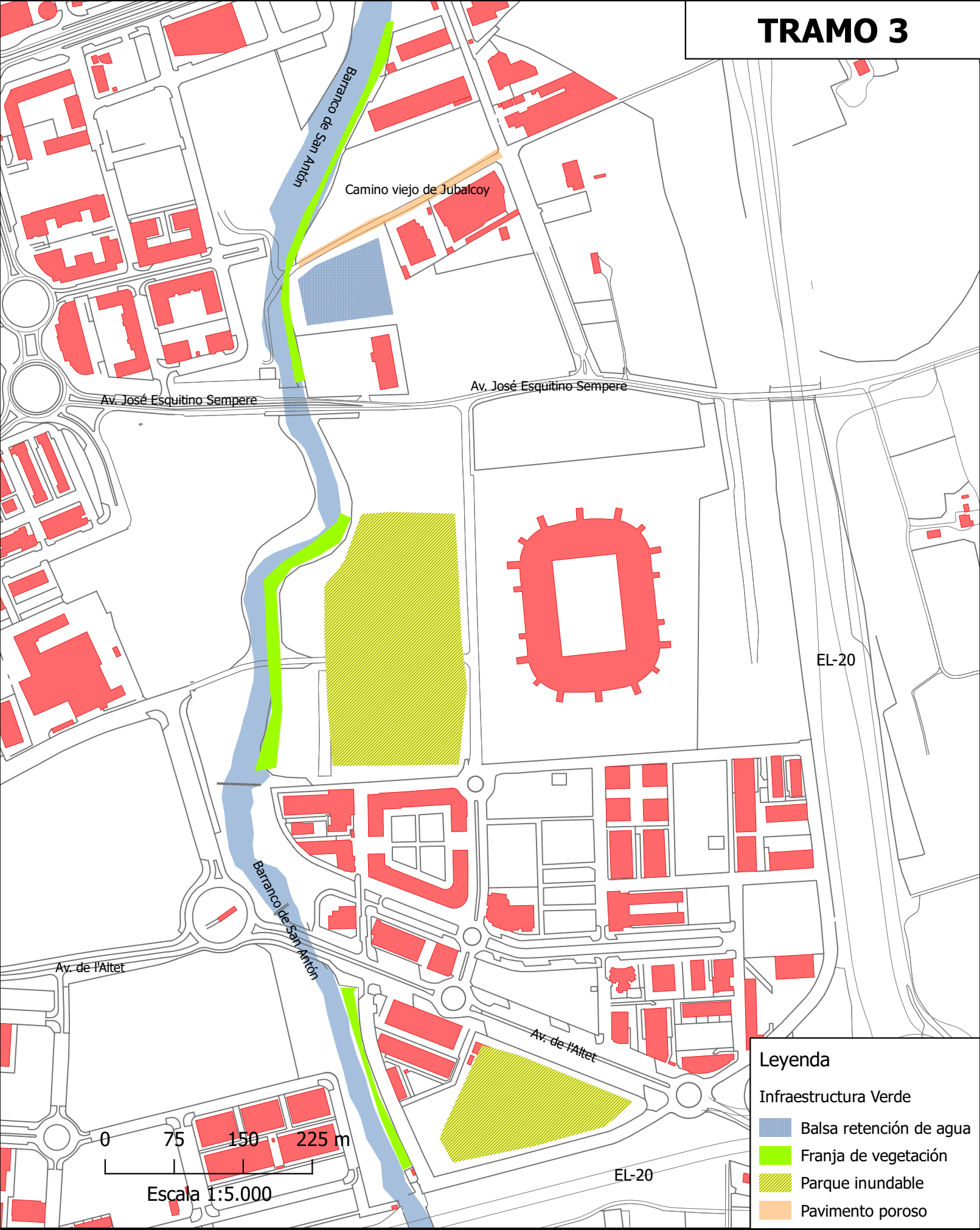
Trabajo fin de Máster. Gestión del riesgo de inundación en zonas urbanas vulnerables: El caso del Barranco de San Antón en Elche.



Leyenda



Puntos conflictivos

- 1. Unión Barranco de San Antón con Barranco de Santa María
- 2. PRCV-450. Barranc de San Antoni
- 3. Enlace A-70 y A-7 (I)
- 4. Puente de la A-7
- 5. Enlace A-70 y A-7 (II)
- 6. Carretera Camino de Castilla (CV-8501)
- 7. Carretera-Vía pecuaria Assagador del Molí Nou
- 8. Trasvase del Taibilla
- 9. Zona residencial (I)
- 10. Ronda Norte
- 11. Camí l'Olmet
- 12. Zona residencial (II) y PRCV-450. Camí de les Canteres
- 13. Polígono Industrial (I)
- 14. Vía del tren y conducto de gas
- 15. Acequia (I)-Subestación eléctrica
- 16. Polígono Industrial (II)
- 17. Carretera N-340
- 18. Acequia (II)
- 19. Av. José Esquitino Sempere-Camino viejo de Alicante
- 20. Parking estadio de fútbol
- 21. Puente Calle Alcalde Juan Hernández Rizo
- 22. Acequia (III)
- 23. Acequia (IV)-Carril bici. Zona residencial
- 24. Puente Av. l' Altet
- 25. Puente carretera EL-20
- 26. Carretera de Santa Pola (CV-865)
- 27. Zona residencial (III) (Camino de Fideuer)



Anexo II

Puntos conflictivos

Punto 1	Unión Barranco de San Antón con Barranco de Santa María		
Coordenadas (X,Y)	703570.41; 4241716.06	Nivel de Riesgo	Alto
Tipo de riesgo	Vegetación y vía de comunicación.		
Descripción		Soluciones	
<p>Lugar donde se produce la unión entre el Barranco de San Antón y el Barranco de Santa María, cerca de la urbanización de Bonavista, a través de una tubería de pequeño tamaño que cruza por bajo del Camino de Monforte que es insuficiente para poder desaguar todo el agua que pueda llegar de una gran avenida. También habría que añadirle la densa vegetación que hay en este punto pudiendo así provocar un tapón y un posterior desborde del cauce.</p>		<ul style="list-style-type: none">- Desbroce de la vegetación del cauce.- Aumentar el diámetro del ojo del puente para desaguar mejor la avenida.	
			
Imagen 1 y 2. Unión Barranco de Santa María y Barranco de San Antón. Elaboración propia.			

Punto 2	PRCV-450. Barranc de Sant Antoni		
Coordenadas (X,Y)	703568.7; 4241672.2	Nivel de Riesgo	Alto
Tipo de riesgo	Vía de comunicación		
Descripción		Soluciones	
Se trata del sendero el cual discurre por el Barranco de San Antón y en ninguno de los puntos por donde discurre hay una señalización que advierta el peligro de inundación, poniendo así a exposición de la inundación a posibles senderistas que puedan realizar la travesía desconociendo el peligro.		<ul style="list-style-type: none"> - Indicar en puntos clave del sendero el peligro de inundación. - Colaborar con la Federación de Deportes de Montaña y Escalada de la Comunidad Valenciana (FEMEVCV) para que indique en sus respectivas redes sociales el peligro y así divulgar y dar a conocer el peligro. 	



Imagen 3. Indicación del PRCV-450 en el Barranco de San Antón. Elaboración propia.

Punto 3	Enlace A-70 y A-7 (I)		
Coordenadas (X,Y)	703638.35; 4241626.34	Nivel de Riesgo	Bajo
Tipo de riesgo	Vegetación, vía de comunicación y puente.		
Descripción		Soluciones	
<p>Puente que hay sobre el Barranco de San Antón de la unión entre la A-70 y la A-7, carreteras muy transitadas cuyo ojo de puente es lo suficientemente ancho para que pueda transcurrir el agua sin problema. Con escolleras en los taludes sobre los que se sustenta el puente.</p>		<ul style="list-style-type: none"> - Desbroce de la vegetación del cauce. - Revisar el estado de las escolleras tras cada avenida para asegurarse de que no hayan sufrido ningún daño considerable. 	



Imagen 4. Puente de unión entre la A-70 y la A-7. Elaboración propia.

Punto 4	Puente de la A-7		
Coordenadas (X,Y)	703500.98; 4241452.10	Nivel de Riesgo	Bajo
Tipo de riesgo	Vegetación, vía de comunicación y puente.		
Descripción		Soluciones	
Puente que hay sobre el Barranco de San Antón de la A-70, carretera muy transitada cuyo ojo de puente es lo suficientemente ancho para que pueda transcurrir el agua sin problema.		<ul style="list-style-type: none"> - Desbroce de la vegetación del cauce. - Revisar el estado de la base de hormigón tras cada avenida para asegurarse de que no ha sufrido ningún daño considerable. 	



Imagen 5. Puente de la A-7 sobre el Barranco de San Antón. Elaboración propia.

Punto 5	Enlace A-70 y A-7 (II)		
Coordenadas (X,Y)	703440.30; 4241372.74	Nivel de Riesgo	Medio
Tipo de riesgo	Vegetación, vía de comunicación y puente.		
Descripción		Soluciones	
<p>Puente que hay sobre el Barranco de San Antón de la unión entre la A-70 y la A-7, carreteras muy transitadas cuyo ojo de puente es lo suficientemente ancho para que pueda transcurrir el agua sin problema. Hay que destacar una gran presencia de vegetación.</p>		<ul style="list-style-type: none">- Desbroce de la vegetación del cauce.- Revisión de la base de las columnas de hormigón tras cada avenida.	
			
Imagen 6. Puente unión entre la A-70 y la A-7. Elaboración propia.			

Punto 6	Carretera Camino de Castilla (CV-8501)		
Coordenadas (X,Y)	703372.43; 4241148.52	Nivel de Riesgo	Medio
Tipo de riesgo	Vegetación, vía de comunicación y puente.		
Descripción		Soluciones	
<p>Puente de la carretera del Camino de Castilla (CV-8501) el cual no tiene ningún tipo de pilar sobre el cauce, por lo que se mantiene sobre los taludes de cada margen del barranco. Los problemas que puede plantear este punto es la poca profundidad que tiene ya que con los aportes de las derivaciones de las carreteras y de las urbanizaciones, la carga sólida y la vegetación pueden provocar puede el desborde de la avenida.</p>		<ul style="list-style-type: none"> - Desbroce de la vegetación del cauce. - Profundización del cauce. 	



Imagen 7. Puente de la carretera del Camino de Castilla (CV-8501) sobre el Barranco de San Antón. Elaboración propia.

Punto 7	Carretera-Vía pecuaria Assagador del Molí Nou		
Coordenadas (X,Y)	703358.96; 4240954.73	Nivel de Riesgo	Alto
Tipo de riesgo	Vía de comunicación y vegetación		
Descripción		Soluciones	
Se trata de una Vía pecuaria cuya carretera no salva el barranco con ningún puente sino que atraviesa el barranco por en medio del cauce donde se observa que la única medida que se ha realizado es el elevar la carretera con un pequeño murete pero que apenas realiza ningún tipo de función. También hay que destacar que en este punto el cauce está poco encajada y en su margen derecho se encuentra una gasolinera la cual podría inundarse con un episodio grave de inundación.		<ul style="list-style-type: none">- Desbroce de la vegetación del cauce.- Formación al personal de la gasolinera de lo que deben de hacer en caso de inundación.	
			
Imagen 8 y 9. Carretera y murete de la Vía pecuaria Assagador del Molí Nou sobre el Barranco de San Antón. Elaboración propia.			

Punto 8	Trasvase del Taibilla		
Coordenadas (X,Y)	703382.80; 4240877.41	Nivel de Riesgo	Medio
Tipo de riesgo	Puente y vegetación		
Descripción		Soluciones	
Infraestructura del Trasvase del Taibilla la cual pasa por encima del barranco sobre unos pilares de mampostería. Los problemas que se presentan en este punto es la densa vegetación que hay bajo la infraestructura que puede producir un taponamiento y por tanto un aumento del calado y daño en los pilares. Habría que añadirle también el factor de que se pueda producir una rotura durante una avenida y pueda también de esta manera el contribuir al aumento de caudal.		<ul style="list-style-type: none"> - Desbroce de la vegetación del cauce. - Revisión y refuerzo de los pilares tras una avenida. 	



Imagen 10. Infraestructura del Trasvase del Taibilla sobre el Barranco de San Antón.

Punto 9	Zona residencial (I)		
Coordenadas (X,Y)	703334.73; 4240522.19	Nivel de Riesgo	Medio
Tipo de riesgo	Zona urbana		
Descripción	Soluciones		
Zona residencial que se encuentra cerca del cauce compuesta principalmente por casas de campo de forma dispersa. Hay que destacar este punto debido a que se encuentra dentro de un enclave importante del PRCV-450 que es el Azud de Bernia. Las casas se pueden observar que se encuentran sobre un talud que esta reforzado con un murete.	<ul style="list-style-type: none"> - Desbroce de la vegetación del cauce. - Refuerzo de muretes periódicamente y tras cada avenida que se produzca. - Educación sobre lo que se debe de hacer en caso de inundación a la población. 		



Imagen 11. Zona residencial en el Barranco de San Antón. Elaboración propia.

Punto 10	Ronda Norte		
Coordenadas (X,Y)	703681.55; 4239955.28	Nivel de Riesgo	Bajo
Tipo de riesgo	Vegetación, vía de comunicación y puente.		
Descripción		Soluciones	
Dos puentes sin pilares por donde transcurre la Ronda Norte que se encuentran sobre los dos taludes de cada margen del barranco reforzados por muretes. El puente se encuentra a suficiente altura para que el agua pueda desaguar sin problema.		<ul style="list-style-type: none"> - Desbroce de la vegetación del cauce. - Revisar la erosión que se puede producir en las escolleras tras cada avenida. 	



Imagen 12. Puentes de la Ronda Norte sobre el Barranco de San Antón. Elaboración propia.

Punto 11	Camí l'Olmet		
Coordenadas (X,Y)	703911.46; 4239745.68	Nivel de Riesgo	Alto
Tipo de riesgo	Vía de comunicación		
Descripción		Soluciones	
<p>Este camino discurre sobre el Barranco de San Antón el cual está elevado por un muro con tres tubos por donde debe de pasar el agua de avenida.</p> <p>Los problemas que se encuentran en este punto es el insuficiente diámetro para poder desaguar la avenida que hará que el agua pase por encima de la carretera.</p>		<ul style="list-style-type: none"> - Eliminar los 3 tubos y la realización de uno rectangular. - Profundización del cauce. - Refuerzo de los talud a cada lado de la carretera. 	



Imagen 13. Unión Barranco de Santa María y Barranco de San Antón.

Punto 12	Zona residencial (II) y PRCV-450. Camí de les Canteres		
Coordenadas (X,Y)	703954.42; 4239674.75	Nivel de Riesgo	Alto
Tipo de riesgo	Zona Urbana y vía de comunicación		
Descripción		Soluciones	
Casa de campo que se encuentran dentro del cauce elevadas sobre muros de hormigón. También hay está el PRCV-450 que cruza el cauce del barranco pasando por una escalera de madera que se encuentra dentro del mismo.		<ul style="list-style-type: none"> - Desbroce de la vegetación del cauce. - Indicación en el PRCV sobre el peligro de inundación. - Declarar la zona suelo no urbanizable y trasladar las casas a otro sitio más seguro. 	



Imagen 14 y 15. Casas de campo sobre el Barranco de San Antón. Elaboración propia.

Punto 13	Polígono Industrial (I)		
Coordenadas (X,Y)	704015.29; 4239267.93	Nivel de Riesgo	Alto
Tipo de riesgo	Zona industrial		
Descripción		Soluciones	
Complejo industrial que se encuentra sobre un muro de hormigón dentro del cauce del Barranco de San Antón, con un visible deterioro y con zonas derruidas.		<ul style="list-style-type: none"> - Declarar zona no urbanizable y trasladar el complejo a otro lugar más seguro. - En caso de no disponer recursos para el traslado del complejo a otro lugar sería debería realizar un refuerzo de los muros de hormigón. - Desbroce de la vegetación. 	



Imagen 16 y 17. Complejo industrial dentro del propio cauce. Elaboración propia.

Punto 14	Vía del tren y conducto de gas		
Coordenadas (X,Y)	704048.10; 4239103.59	Nivel de Riesgo	Alto
Tipo de riesgo	Vía de comunicación y vegetación		
Descripción	Soluciones		
<p>Este punto hace referencia a la vía del tren de cercanías Murcia-Alicante el cual pasa por encima del barranco sobre un muro con dos bocas por las que debe de pasar el agua de avenida. También se puede observar la indicación de que pasa por allí en el propio cauce un conducto de gas cuyo talud esta reforzado con una escollera.</p> <p>Los problemas que plantea este punto es la poca capacidad que tiene las dos bocas de tren provocando de esta manera el desborde del cauce por encima de las vías del tren y afectando también al conducto de gas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Aumento de las dos bocas que hay bajo el ferrocarril. - Desbrozar la vegetación - Profundizar el cauce. - Revisión de la escollera donde se encuentra el conducto de gas tras una avenida. 		



Imagen 18 y 19. Vía del tren y conducto de gas. Elaboración propia.

Punto 15	Acequia (I)-Subestación eléctrica		
Coordenadas (X,Y)	704060.38; 4239076.53	Nivel de Riesgo	Bajo
Tipo de riesgo	Zona urbana, patrimonio histórico cultural, vegetación y puente		
Descripción		Soluciones	
Subestación eléctrica y acequia cercanas a la vía del tren en el margen derecho del barranco. Se destaca este punto debido a que por un desborde del agua debido al taponamiento de las bocas del ferrocarril y de los ojos de la acequia podrían llegar a afectar a la subestación eléctrica		<ul style="list-style-type: none"> - Desbroce de vegetación. - Protección de la subestación eléctrica. 	



Imagen 20. Subestación eléctrica en el Barranco de San Antón. Elaboración propia.

Punto 16	Polígono Industrial (II)		
Coordenadas (X,Y)	704196.85; 4238820.40	Nivel de Riesgo	Alto
Tipo de riesgo	Zona industrial		
Descripción		Soluciones	
Zona industrial en Altábix donde se ha invadido el cauce del barranco y las fábricas se encuentran dentro del mismo en su margen derecho provocando así una gran exposición antes las avenidas y con esto un aumento del riesgo ya que las paredes del edificio puede destruirse debido a la acción del agua y de la carga sólida que transporte.		<ul style="list-style-type: none"> - Declaración de zona no urbanizable y reubicar la zona industrial a un sitio más seguro. - Educar a los trabajadores para que sepan que hacer en grandes avenidas. - Desbroce de vegetación del cauce. 	



Imagen 21. Fábrica dentro del cauce del Barranco de San Antón. Elaboración propia.

Punto 17	Carretera N-340		
Coordenadas (X,Y)	704210.45; 4238791.26	Nivel de Riesgo	Bajo
Tipo de riesgo	Vía de comunicación y puente		
Descripción		Soluciones	
Este punto hace referencia al puente de la N-340 el cual tiene dos ojos suficientes para desaguar el agua y totalmente limpios de vegetación pero es un hito conflictivo debido a que es una carretera muy transitada y puede verse afectada y taponada por los materiales arrastrados.		<ul style="list-style-type: none"> - Desbroce de la vegetación. - Revisión de la estructura después de cada avenida. 	



Imagen 22. Puente de la N-340 sobre el Barranco de San Antón. Elaboración propia.

Punto 18	Acequia (II)		
Coordenadas (X,Y)	704204.26; 4238702.85	Nivel de Riesgo	Bajo
Tipo de riesgo	Patrimonio histórico-cultural, vegetación y puente		
Descripción		Soluciones	
En este punto se encuentra una antigua acequia donde el ojo del puente no es muy alto aunque en un principio no tiene que haber problemas para el desagüe de la avenida. Se hace referencia que puede verse afectada la estructura y con esto también afectar al patrimonio histórico-cultural. Hay que destacar que en este punto los dos márgenes del barranco están reforzados con escolleras.		<ul style="list-style-type: none"> - Desbroce de la vegetación. - Revisión y refuerzo de la estructura de la acequia. - Aumento del calado bajo de la estructura. - Revisión periódica de las escolleras. 	



Imagen 23. Acequia sobre el Barranco de San Antón. Elaboración propia.

Punto 19	Av. José Esquitino Sempere-Camino viejo de Alicante		
Coordenadas (X,Y)	704104.41; 4238250.70	Nivel de Riesgo	Alto
Tipo de riesgo	Puente, vegetación y vía de comunicación		
Descripción	Soluciones		
Carretera antigua de Alicante que pasa por encima del barranco cuyo puente solo tiene un ojo bastante ancho pero con poca altura con una gran densidad de vegetación. Hay riesgo de desbordamiento de la avenida por encima del cauce.	<ul style="list-style-type: none"> - Desbroce de la vegetación. - Aumentar el calado debajo del puente. 		



Imagen 24. Puente del Camino viejo de Alicante Barranco de San Antón.

Punto 20		Parking estadio de fútbol	
Coordenadas (X,Y)	704133.20; 4238208.26	Nivel de Riesgo	Alto
Tipo de riesgo	Zona urbana		
Descripción		Soluciones	
<p>Zona antigua de campos de cultivo que se ha convertido en un parking para los aficionados en los días de partido. Este parking ha producido una invasión del cauce con material de relleno y por tanto muy inestable. El peligro que se encuentra en esta zona es que debido al taponamiento del puente del Camino Viejo de Alicante se produzca un remansamiento del agua y produzca una inundación en el parking o algún desprendimiento o deslizamiento del material de relleno.</p>		<ul style="list-style-type: none">- Desbroce de la vegetación.- Refuerzo de los taluds con escolleras.	




Imagen 25. Zona del parking en el Barranco de San Antón. Elaboración propia.

Punto 21	Puente Calle Alcalde Juan Hernández Rizo		
Coordenadas (X,Y)	704143.96; 4238149.19	Nivel de Riesgo	Alto
Tipo de riesgo	Puente, vegetación y vía de comunicación		
Descripción		Soluciones	
Carretera procedente de la zona de los parkings del estadio que pasa por encima del barranco cuyo puente solo tiene un ojo bastante ancho pero con poca altura con una gran densidad de vegetación. Hay riesgo de desbordamiento de la avenida por encima del cauce.		<ul style="list-style-type: none"> - Desbroce de la vegetación. - Aumentar el calado debajo del puente. 	



Imagen 26. Puente de la carretera que viene del estadio en el Barranco de San Antón. Elaboración propia.

Punto 22	Acequia (III)		
Coordenadas (X,Y)	704050.86; 4237830.01	Nivel de Riesgo	Bajo
Tipo de riesgo	Patrimonio histórico-cultural, vegetación y puente		
Descripción		Soluciones	
En este punto se encuentra otra antigua acequia donde los dos ojos del puente no es muy alto aunque en un principio no tiene que haber problemas para el desagüe de la avenida. Se hace referencia que puede verse afectada la estructura y con esto también afectar al patrimonio histórico-cultural.		<ul style="list-style-type: none">- Desbroce de la vegetación.- Revisión y refuerzo de la estructura de la acequia.- Aumento del calado bajo de la estructura.	




Imagen 27. Acequia sobre el Barranco de San Antón. Elaboración propia.

Imagen 27. Acequia sobre el Barranco de San Antón. Elaboración propia.

Punto 23	Acequia (IV)-Carril bici. Zona residencial		
Coordenadas (X,Y)	704108.18; 4237699.21	Nivel de Riesgo	Alto
Tipo de riesgo	Patrimonio histórico-cultural, puente, vía de comunicación, vegetación y zona urbana		
Descripción		Soluciones	
En este punto se encuentra otra antigua acequia que se ha reconvertido en un carril bici y se encuentra cerca de una zona residencial donde el ojo del puente no es muy alto aunque en un principio no tiene que haber problemas para el desagüe de la avenida. Se hace referencia que puede verse afectada la estructura y con esto también afectar al patrimonio histórico-cultural.		<ul style="list-style-type: none"> - Desbroce de la vegetación. - Revisión y refuerzo de la estructura de la acequia. - Aumento del calado bajo de la estructura. 	






Imagen 28. Acequia reconvertida en carril bici que pasa por el Barranco de San Antón. Elaboración propia.

Punto 24	Puente Av. l' Altet		
Coordenadas (X,Y)	704132.70; 4237699.41	Nivel de Riesgo	Alto
Tipo de riesgo	Vía de comunicación, vegetación y puente		
Descripción		Soluciones	
Carretera del Altet que pasa por encima del barranco por un puente que solo tiene un ojo bastante ancho pero con poca altura con una gran densidad de vegetación. Hay que decir que el riesgo en esta zona aumenta debido a que se encuentra cerca de una zona residencial.		<ul style="list-style-type: none"> - Desbroce de la vegetación. - Aumento del calado bajo de la estructura. 	



Imagen 29. Puente carretera del Altet sobre Barranco de San Antón. Elaboración propia.

Punto 25	Puente carretera EL-20		
Coordenadas (X,Y)	704243.44; 4237361.69	Nivel de Riesgo	Alto
Tipo de riesgo	Puente, vegetación y vía de comunicación		
Descripción		Soluciones	
<p>Puente de la carretera EL-20 con suficiente anchura pero con una escasa altura que se sostiene sobre los dos taludes de cada margen del barranco reforzados con escolleras. Esta zona es peligrosa ya que las aguas que caen sobre la carretera son derivadas al barranco, más la gran impermeabilización del entorno por la gran urbanización realizada. Hay que destacar la presencia de vegetación que podría provocar un posible taponamiento.</p>		<ul style="list-style-type: none">- Desbroce de vegetación.- Refuerzo de taludes.- Profundización del cauce.	
			
Imagen 30. Puente de la EL-20 sobre el Barranco de San Antón. Elaboración propia.			

Punto 26	Carretera de Santa Pola (CV-865)		
Coordenadas (X,Y)	704411.12; 4236719.81	Nivel de Riesgo	Alto
Tipo de riesgo	Puente, vegetación y vía de comunicación		
Descripción	Soluciones		
Este camino discurre sobre el Barranco de San Antón el cual está elevado por un muro con tres tubos por donde debe de pasar el agua de avenida. Los problemas que se encuentran en este punto es el insuficiente diámetro para poder desaguar la avenida que hará que el agua pase por encima de la carretera.	<ul style="list-style-type: none">- Eliminar los 3 ojos y la realización de uno rectangular.- Profundización del cauce.- Desbroce de vegetación y limpieza de materiales de arrastre.		
			
Imagen 31 y 32. Puente carretera de Santa Pola sobre el Barranco de San Antón. Elaboración propia.			

Punto 27	Zona residencial (III) (Camino de Fideuer)		
Coordenadas (X,Y)	704479.61; 4236627.11	Nivel de Riesgo	Alto
Tipo de riesgo	Zona urbana y vía de comunicación		
Descripción		Soluciones	
Zona residencial donde el barranco se ha convertido en carretera por lo que se encuentra totalmente impermeabilizado y con viviendas a cada margen del mismo. Este punto es de gran riesgo debido a que es una zona residencial y por donde hay tránsito de vehículos y personas.		<ul style="list-style-type: none">- Declarar zona no urbana y dar una alternativa a los propietarios en otra zona más segura.- En caso de no poder realizar la primera opción, hacer una campaña de educación a los propietarios para que hacer en caso de que se produzca una avenida.	
			
Imagen 33 y 34. Zona residencial y carretera dentro del Barranco de San Antón. Elaboración propia.			